

Aus der Röntgenabteilung (Leiter: Prof. Dr. A. Gebauer)
der I. Medizinischen Universitätsklinik Frankfurt/Main
(Direktor: Prof. Dr. F. Hoff)

DAS ELEKTROKYMGRAMM DES LINKEN VORHOFES
BEI MITRALVTIEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen medizinischen Fakultät der
Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt/Main

vorgelegt von
Hildegard Leonhard
aus Frankfurt/Main

Frankfurt/Main 1963

1964

Aus der Röntgenabteilung (Leiter: Prof. Dr. A. Gebauer)
der I. Medizinischen Universitätsklinik Frankfurt/Main
(Direktor: Prof. Dr. F. Hoff)

**DAS ELEKTROKYMGRAMM DES LINKEN VORHOFES
BEI MITRALVITIEN**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen medizinischen Fakultät der
Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt/Main

vorgelegt von
Hildegard Leonhard
aus Frankfurt/Main

Frankfurt/Main 1963



Dekan: Prof.Dr.J.Frey
Referent: Privatdozent Dr.J.Liscner
Korreferent: Prof.Dr.J.Frey
Mündliche Prüfung: 4. September 1964

INHALTSVERZEICHNIS

EINFÜHRUNG

Methoden der Mitralfehlerdiagnostik

HAUPTTEIL

Eigene Fragestellung

Normale Varianten des Vorhofelektrokymogramms

Literaturübersicht

Untersuchungsmethodik

Ergebnisse:

A ELEKTROKYOGRAMME DER MITRALSTENOSEN

I Kurvenformen

a) Ableitung des Herzohrlandes

b) Ableitungen des dorsalen Vorhofrandes

II Hämodynamik bei Mitralstenosen

III Erläuterung der Kurven aus der Hämodynamik

IV Diskussion

B ELEKTROKYOGRAMME DER MITRALINSUFFIZIENZEN

I Kurvenformen

a) Ableitungen des dorsalen Vorhofrandes

b) Ableitung des Herzohrlandes

II Hämodynamik bei Mitralinsuffizienzen

III Erläuterung der Kurven aus der Hämodynamik

IV Diskussion

C ELEKTROKYOGRAMME DER KOMBINIERTEN MITRALVITTIEN

I Kurvenformen

a) Ableitungen des dorsalen Vorhofrandes

b) Ableitung des Herzohrlandes

c) Vorhofelektrokymogramm vor und nach
einer Valvulotomie

II Erläuterung der Kurven unter Berücksichtigung der Hämodynamik

D ELEKTROKYOGRAMME DER KOMBINIERTEN AORTEN- MITRAL-FEHLER

E ELEKTROKYMOTOGRAFIE DER MITRALVITTIEN MIT ABSOLUTER
ARRHYTHMIE BEI VORHOFFFLIMMERN

- I Hämodynamik bei Mitralvitien mit absoluter
Arrhythmie bei Vorhofflimmern
- II Kurvenformen
- III Erläuterung der Kurven aus der Hämodynamik
- IV Diskussion

F VERGLEICH DER ELEKTROKYMOTOGRAFISCHEN BEFUNDE
MIT DEN KLINISCHEN BEFUNDEN

G ZUSAMMENFASSUNG

H SCHRIFTTUM

EINFÜHRUNG

METHODEN DER MITRALFEHLERDIAGNOSTIK

Zur Erkennung eines Mitralfehlers werden heute eine Reihe von Untersuchungsmethoden herangezogen. Man ergänzt den klinischen Befund durch zahlreiche röntgenologische Untersuchungen. Zur Verfügung stehen dabei die p.a. Aufnahmen, die Schräg- und Seitenaufnahmen, dazu die Oesophaguskontrastdarstellung und die rotierende Durchleuchtung. Durch die Angiokardiographie gewinnt man einen Einblick in die Größen- und Lageverhältnisse der einzelnen Herzhöhlen und vermag auf pathologische Änderungen an den Klappenapparaten zu schließen. Ähnliches erreicht man mit dem Katheterismus des rechten Herzens, der zusätzlich Aufschlüsse über die Druckverhältnisse und die Sauerstoffsättigung des Blutes in den Herzhöhlen und den Lungenkapillaren erteilt. Außerdem kann die Ultraschallkardiographie benutzt werden. Die Flächen- und Elektrokymographie registriert die Randbewegungen der einzelnen Herzabschnitte und der großen Gefäße.

Da jedoch viele dieser Methoden recht eingreifend für den Patienten sind, sind vorher die schonenderen auszuschöpfen, z.B. die elektrokymographische Untersuchung. Dabei ergeben sich charakteristische Kurven für die Randbewegungen des normalen Herzens und für verschiedene pathologisch veränderte; z.B. bei Pericarditis, Herzwandaneurysma, Aortenvitien. Auch für die Mitralfehler sind Befunde mitgeteilt worden, die als typisch angesehen wurden.

In den letzten Jahren befaßten sich besonders LUISADA, FLEISCHNER (1948), MC KINNON, FRIEDMAN (1950), DEUTSCH, GNACHL, SCHACHINGER (1951), SOLOFF, ZATUCHNI, STAUFFER (1952), ELKIN, SOSMANN, HARKEN, DEXTER (1952), ABELMANN, ELLIS, HARKEN (1953), ANDERSSON (1953), HECKMANN (1954), GADERMANN (1954), DAVISON, EPPS (1954), HAUBRICH (1955), DACK, PABBY (1956), MOLL, TUNNEYLEY (1957), KOPPERMANN (1958)

mit den elektrokymographischen Untersuchungen bei Mitralvitien. Ihre Ergebnisse sind unterschiedlich. Vor allem herrscht bei der Unterscheidung zwischen Mitralstenosen und Insuffizienzen bisher keine Einigkeit. Durch die fortschreitende Verbreitung der Herzoperationen gewinnt die Frage nach einer gesicherten Differentialdiagnose aber immer mehr an Bedeutung.

HAUPTTEIL

EIGENE FRAGENSTELLUNG

In dieser Arbeit wird deshalb versucht, an Hand eigener Beobachtungen an einem größeren Krankengut unter besonderer Berücksichtigung der bei Mitralfehlern veränderten hämodynamischen Verhältnisse mittels des Elektrokymogramms zu einer Unterscheidungsmöglichkeit zwischen "reinen" Stenosen und "reinen" Insuffizienzen und kombinierten Mitralklappenfehlern zu kommen, bzw. bei den kombinierten Fehlern den vorwiegenden Anteil herauszufinden. Außerdem werden die Charakteristika der Kurven bei Mitralklappenfehlern mit Vorhofflimmern bei absoluter Arrhythmie analysiert.

NORMALE VARIANTEN DES VORHOFELEKTROKYMGRAMMS

Bei Mitralklappenfehlern wirken sich die hämodynamischen Veränderungen des Herzens am deutlichsten am linken Vorhof aus, so daß der charakteristische Elektrokymogramm-Befund am Rand des linken Vorhofs zu finden sein dürfte. Allerdings kennen wir bereits beim Herzgesunden eine große Variabilität der Randbewegungen des Vorhofs, wie das besonders von LISSNER und CORDES untersucht wurde. Dies beruht darauf, daß sich die Einflüsse der umliegenden Organe mehr oder weniger stark auf den muskelschwachen Vorhof auswirken, und damit solche Faktoren also auch maßgeblich an der Bildung des Elektrokymogramms beteiligt sind. Diese Einflüsse dürften bei einem prall gestauten Vorhof, wie ihn ein Mitralklappenfehler mit sich bringt, aber keine wesentliche Rolle spielen, und sie können daher hierbei unberücksichtigt bleiben.

LITERATURÜBERSICHT

Im Elektrokymogramm des linken Vorhofrandes sieht man beim Mitralvitium im allgemeinen - darin stimmen fast alle Autoren überein - eine Plateau- oder Kegelkurve als pathognomisch an. Als hauptsächlichstes Symptom findet man also einen plateauförmigen Kurvengipfel, dessen Lage zur Herzaktion naturgemäß bei Stenosen und Insuffizienzen unterschiedlich zu erwarten ist, dessen Dauer und Lage aber von den einzelnen Autoren nicht einheitlich angegeben werden. Bei Mitralstenosen ist als zweites Symptom eine verstärkte Vorhofkontraktion anzusehen. HECKMANN hat 1954 diese verstärkte Vorhofkontraktionswelle zusammen mit dem anschließenden systolisch-diastolischen Plateau als "cañon"-Kurve und typisch für Mitralstenose bezeichnet.

LUISADA und FLEISCHNER fanden sowohl bei Mitralinsuffizienz als auch bei Stenosen ein systolisches Plateau, das sie als Regurgitationswelle infolge eines Rückflusses aus der Kammer bei insuffizienter Klappe erklären. Sie folgern daraus, daß sich zu einer Stenose stets eine geringe Insuffizienz gesellt, auch wenn sie klinisch nicht nachzuweisen ist. Eine praesystolische Vorhofskontraktion ist nur schwach ausgebildet oder fehlt völlig. Ähnlich deuten ABEIMANN, ELLIS, HARKEN die Vorhofelektrokymogramme. Sie beobachteten bei Mitralstenosen ein systolisches Plateau, das sich oft bis in die Diastole erstreckt, und ebenso bei Insuffizienz eine systolische Welle. Diese systolische Expansion macht ihnen einen Reflux wahrscheinlich, ohne über dessen Grad etwas auszusagen. Jedoch schließen sie beim Fehlen einer Kurven-erhebung während der Systole eine erhebliche Insuffizienz nicht aus. Denn auch sie nehmen an, daß neben einer Stenose häufig ein gewisser Insuffizienzanteil besteht, viel öfter als er vom Chirurgenfinger wahrgenommen wird. Ebenso können DEUTSCH, GMACHL, SCHACHINGER und DAVISON, EPPS bei ihren Elektrokymogrammen mit systolischem Plateau keine Entscheidung treffen zwischen Klappenstenosierung oder Insuffizienz. HAUBRICH erkennt bei reinen Stenosen

am deutlichsten das systolische Plateau, das nur von einer einzigen Senkung in der Praesystole unterbrochen wird. Er sucht die Ursache in einer Stauungsdilatation, die eine maximale Lateralebewegung der Wand hervorruft. Den Insuffizienzen ordnet er eine systolische Kegelform zu. Jedoch hält er eine Differentialdiagnose zunächst für fraglich. FLEISCHNER, WALTER, ABELMANN, BUKA sehen zwar ein systolisches Plateau als Regurgitationshinweis an, aber sie differenzieren weiter. Liegt der Gipfel erst nach dem ersten Drittel der Systole, so handelt es sich nicht mehr um einen Rückfluß. Die rasche Wiederauffüllung des Vorhofes durch die Venen spielt eine Rolle. Das Ausmaß der Regurgitation hängt ihrer Meinung nach ab von der Breite des Vorhofrandabschnittes mit einem frühsystolischen Plateau. ANDERSSON betont bei Mitralstenosen eine verstärkte Vorhofskontraktion, deren Dauer über die Norm verlängert ist, außerdem einen verlangsamen Kurvenabfall zu Beginn der Diastole. Einen Steilanstieg, der in die Spätsystole fällt, betrachtet er als ein Zeichen eines höheren Pulmonalvenendruckes, also nicht eines Rückflusses aus der Kammer. Bei Insuffizienzen wird die Vorhofskontraktion abgeschwächt. GADERMANN, der bis zu 40 Ableitungen im Einzelfall untersucht, fand bei Mitralstenosen ein diastolisches Plateau mit kräftiger Vorhofskontraktion, bei Insuffizienzen ein breites systolisches Plateau. Wenn bei Stenosen eine systolische Expansion vorkommt, so begründet er diese mit einer Links- und Dorsalrotation des gesamten Herzens. KOPPERMANN beschreibt bei Insuffizienz einen vorzeitigen, steilen Anstieg in der Systole und einen tief-steilen Abfall in der Diastole; bei den Stenosen eine relativ vergrößerte Amplitude und Dauer der Vorhofskontraktion, eine steile Aufwärtsbewegung in der späten Systole bis Diastole und den Abfall diastolisch vermindert. Bei MOELL und TUMELLETT kann ein systolisches Plateau sowohl einer Stenose als auch Insuffizienz, ein diastolisches Plateau nur reinen oder vorwiegenden Stenosen zugehören. Wie bereits oben erwähnt, beobachtet HECHMANN, daß bei Steno-

sen am ganzen Vorhofsrand, besonders am Herzohr, eine sog. "cañon"-Kurve, d.h. ein systolisches oder systolisch-diastolisches Plateau entsteht, das von einer tiefen prae-systolischen Einsenkung und der Abwärtsbewegung, bedingt durch den Sog der Ventilebene, unterbrochen wird. Das Plateau beruht auf einer Stauungsdilatation des linken Vorhofes. Als Merkmal des Refluxes steigt bei Insuffizienzen eine Kegelkurve in der Anspannungszeit steil an und fällt in der frühen Diastole steil ab.

UNTERSUCHUNGSMETHODIK

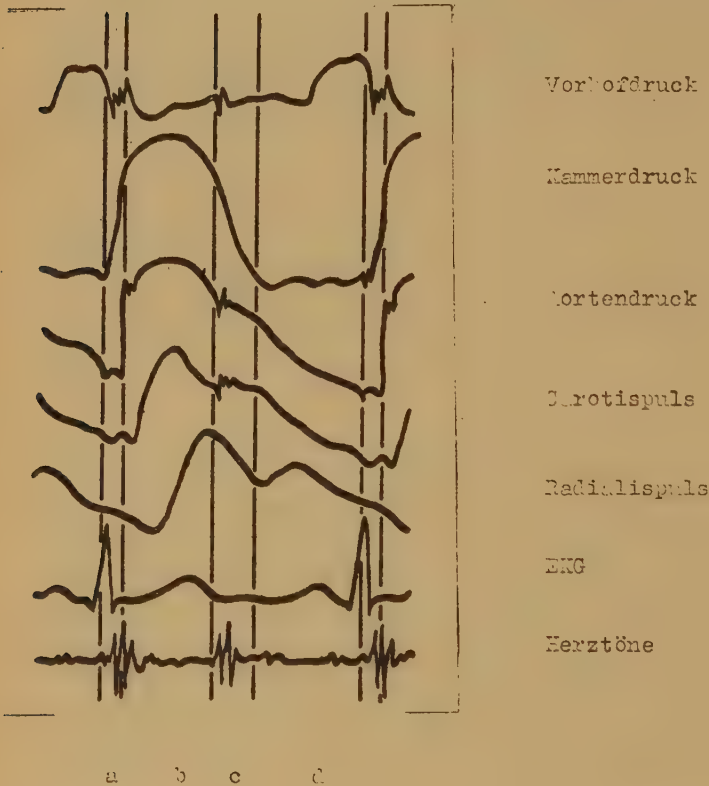
Die Untersuchungsmethodik war folgende:

Wir wählten von 142 Patienten mit einem Mitralklappenfehler 73 Patienten aus, die uns durch eindeutigen klinischen Befund, der zusätzlich in 21 Fällen mittels des Herzkatheters, in 7 Fällen durch Operation, sowie in 8 Fällen durch eine Autopsie erweitert wurde, als weitgehend gesichert erschienen. Daraus ergaben sich 18 Patienten mit Mitralklappenstenose, 4 Patienten mit Mitralklappeninsuffizienz, 25 Patienten mit kombiniertem Leiden und 26 Patienten, bei denen neben einem Mitralklappenfehler Vorhofflimmern bestand.

Von jedem Kranken wurden jeweils mehrere Ableitungen geschrieben. Wir werteten die Kurven des linken Herzohres (die Ableitung e) und jeweils drei Ableitungen vom linken dorsalen Vorhofsrand (1. schräger Durchmesser; oben, Mitte, unten) aus. Dazu betrachteten wir zum Vergleich eine Kurve vom rechten Vorhofsrand (Ableitung B).

Zur Festlegung der Herzaktionsphasen wurden das Elektrokardiogramm (II. Extremitätenableitung) und der Carotispuls mitregistriert. Die Aufwärtsbewegung der Carotiskurve ist als Ausdruck der Gefäßfüllung und damit der Kammerentleerung anzusehen; die Incisur markiert den Aortenklappenschluß. Kurz darauf öffnen sich die Atrioventrikularklappen. In den zeitlichen Verhältnissen hinken diese Abschnitte der Carotispulskurve allerdings etwas den mechanischen Vorgängen im Herzen hinterher, sie sind aber zur zeitlichen Orientierung in unseren Untersuchungen durchaus verwertbar.

In Abb. 1 stellen wir einen Kurvenvergleich voraus.
(Nach E. SCHÜTZ aus LANDOIS, ROSENFELD: Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 25. Auflage, Berlin 1944).



- a Anspannungszeit
- b Austreibungszeit
- c Entspannungszeit
- d Füllungszeit

ERGEBNISSE

Im Folgenden teilen wir unsere eigenen Untersuchungsergebnisse mit. Wir stellen die charakteristischen Kriterien der Vorhofrandkurven der einzelnen Mitralfehler dar und versuchen anschließend der Frage ihrer Entstehung nachzugehen, erörtern schließlich die Möglichkeiten der Differentialdiagnose und diskutieren etwaige Diskrepanzen zwischen dem Elektrokymogramm und dem übrigen Krankenbericht.

A ELEKTROKYMOGRAFIE DER MITRALSTENOSEN

I KURVENFORMEN

Zu Beginn betrachten wir diejenigen elektrokymographischen Kurvenformen des linken Vorhofs, die sich als typisch für Mitralkstenosen abzeichneten. Wir verwandten das Material von 18 Patienten, die an einer klinisch eindeutigen Mitralkstenose litten.

Während HECKMANN charakteristische Elektrokymogramme am häufigsten über dem linken Herzohr, dessen Ableitung als e bezeichnet wird, ableitet, aber verlangt, daß ebenso die Vorhofhinterwand diese Formen aufweisen soll, beobachten wir, daß die Befunde des Herzohres und die der dorsalen Vorhofswand unterschiedlich ausfallen. Andere Autoren werten entweder das Hinterwand-Elektrokymogramm oder e aus; dagegen ziehen wir beides zur Beurteilung heran. Denn gerade das Nebeneinander beider verschiedener, aber markanter Bilder über den entsprechenden Vorhofabschnitten liefert häufig erst den entscheidenden Nachweis.

a) ABLEITUNG DES HERZOHRRANDES

Folgendes fanden wir als typische Zeichen einer Mitralstenose:

Über dem linken Herzohr, Ableitung e, sehen wir eine Kurvenform, bei der die praesistolische Senkung, die der Vorhofskontraktion entspricht, besonders ausgeprägt ist; und zwar liegt ihre Dauer mit 0,10-0,14 sec etwas über den bei der normalen Vorhofkurve gemessenen Werten von 0,04-0,11 sec (RUDHE). Weitaus deutlicher noch fällt ins Auge, daß die Amplitude der Vorhofskontraktion im Verhältnis zur größten Amplitude der Kurve stark überhöht ist gegenüber dem Ausmaß beim Herzgesunden. KOPFERMANN und HECHMANN beschreiben ähnliche Ergebnisse. Unsere relativen Werte (Vorhofkontraktionslänge zur größten Amplitude) bewegen sich zwischen 0,54-1,0, während beim Normalen wesentlich niedrigere Verhältniszahlen von 0,11-0,38 berechnet werden. Nun erfolgt wie beim Herzgesunden ungefähr 0,10 sec nach Q eine weitere Senkung, verursacht durch den Zug des nach apikal gerichteten Atrioventricular-Septums während der schnellen Kammerentleerung. Oder sie markiert sich nur durch einen Knick in der Aufwärtsbewegung, mit dem der Grad der Steilheit wechselt. Da die Dauer dieses abfallenden Kurvenanteils auch beim Normalen je nach dem Einfluß des Ventrikels eine größere Schwankebreite umfaßt (DACK 0,12-0,20 sec; RUDHE 0,02-0,12 sec), läßt sich über eine mögliche Verringerung dieses Abschnittes wenig aussagen. Unsere Werte liegen etwa um 0,10 sec und darunter. Es kann aber auch in vielen Fällen die Vorhofskontraktion ohne sichtbaren Knick in die Austreibungszeit verlängert sein, so daß man nicht zu entscheiden vermag, wann genau die Vorhofsenkung endet und der Ventrikeleinfluß beginnt.

Daran schließt sich im Laufe der Austreibungsphase bis zum Aortenklappenschluß, demonstriert durch die Carotisincisur, ein Kurvenanstieg an, der in ein diastolisches Plateau übergeht. Dieses Plateau kann doppelgipflig sein, wobei der zweite Gipfel an Höhe abgenom-

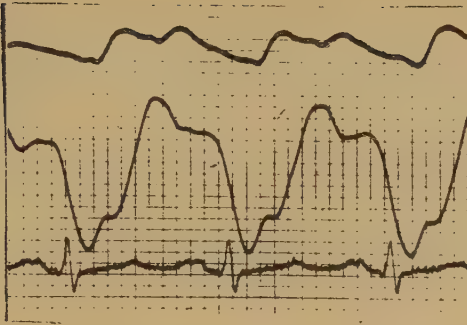


Abb. 2 (A.W.) Mitralstenose, Kurve vom Herzohr.

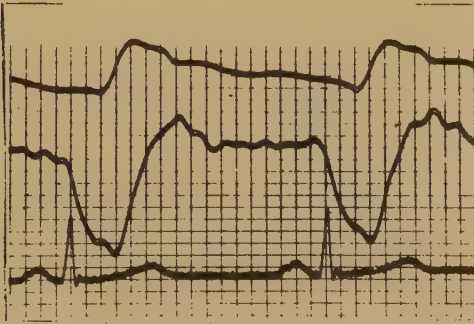


Abb. 3 (H.O.) Mitralstenose, Kurve vom Herzohr.

men hat gegenüber dem ersten, der meist zur Zeit des Klappenschlusses liegt, oder es fällt langsam diastolisch ab; nur manchmal hält es sich auf gleicher Höhe bis zur praesystolischen Vorhofssenkung.

Dieser Kurventyp des linken Herzohr-Elektrokymogramms wurde bei allen reinen Stenosen beobachtet. Eine systolische Kegel- oder Plateauform fanden wir nicht, ebenfalls keine Ventrikel- oder Gefäßüberlagerungskurven.

b) ABLEITUNGEN DES DORSALEN VORHOFFRANDES

Fenden wir uns nun dem dorsalen Vorhofrand zu, hier zeigt sich ein ganz anderes Bild. Die drei Ableitungen, die oben, in der Mitte und unten abgenommen wurden, weisen keine großen Unterschiede auf. Wenn auch die Form der einzelnen Wellen leicht variieren kann, stimmen doch die wesentlichen Kurvenanteile in den zeitlichen Verhältnissen überein. Es herrscht ein Typ vor, bei dem eine sog. Kegelform auffällt, die in der Systole ansteigt mit dem Gipfel an der Carotisincisur und dann diastolisch abfällt. Nach der Vorhofskontraktion, deren Dauer und relative Amplitude nicht über die Norm erhöht ist (Dauer 0,07-0,11 sec), beginnt in der Austreibungszeit, nicht früher als 0,07-0,19 sec nach der Q-Zacke des EKG, die Aufwärtsbewegung. Sie wird von einem deutlichen Knick oder einer kleinen Senkung, die die Ventilebenenverschiebung markiert, unterbrochen.

Die Abwärtsbewegung zu Beginn der Diastole geht zunächst steiler und dann in einen flacheren Anteil über; oder sie fällt in einer geraden Linie bis zur praesystolischen Senkung ab. Die Ausdehnung dieser Strecke hängt stärker von der Dauer der Herzperiode ab als die übrige Kurve, die aber ganz allgemein bei langer Herzperiode breiter auseinandergezogen erscheint, während bei schnellerem Rhythmus der Kegel spitzer und die Schenkel steiler gestellt sind. Die Kurven verlaufen wellenförmig, also ohne wesentliche Zackenbildung.

Bei einem Patienten mit einer Stenose sahen wir ein Elektrokymogramm, das in der oberen und mittleren Ableitung nahezu normal verlief, nur in der unteren Ableitung zeichnete sich eine leichte Kegelform ab. Dagegen entsprach der Befund am Herzohr der oben dargelegten Kurve.

Wir fanden also bei der reinen Mitralkstenose unterschiedliche Kurvenformen über dem Herzohr und dem dorsalen Vorhofrand.

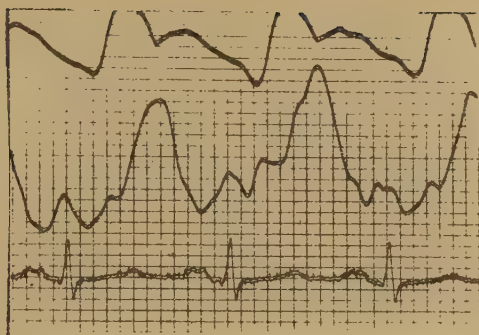


Abb. 4 (A.W.) Mitralstenose, Kurve vom dorsalen Vorhof,
(desselben Pat. wie Abb. 2)
oben.

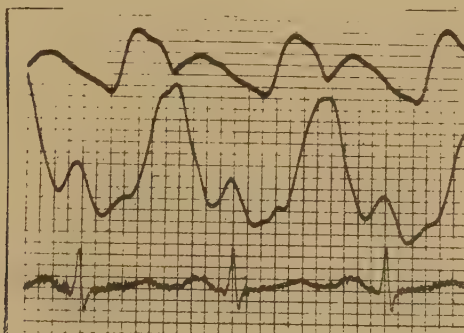


Abb. 5 Mitte.

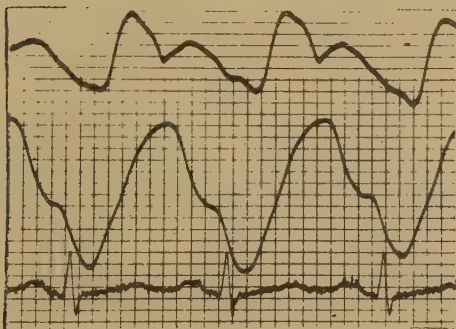


Abb. 6 unten.

II HÄMODYNAMIK BEI MITRALSTENOSEN

Wie kommen diese von den Elektrokymogrammen des Herzgesunden abweichenden Formen zustande?

Die voll ausgebildete Ostiumverengung erschwert die Entleerung des linken Vorhofs in die linke Kammer während der Diastole. Denn die beiden Mitralklappensegel können nicht mehr so weit geöffnet werden, um den Blutübertritt des gesamten Vorhofinhaltes zu gewährleisten. Daher erhöht sich der Druck im blutüberfüllten linken Vorhof erheblich, nach HOCHREIN/SCHLEICHER von 5-8 mm Hg auf 35 mm Hg und mehr. In dem Versuch, sich dem wachsenden Widerstand der verschwielen und versteiften Klappe anzupassen und das Blut durch den reduzierten Spalt hindurchzupressen, kommt es zur Dilatation und Hypertrophie der Vorhofswand, was aber bei der schwach entwickelten Muskulatur nur in geringem Umfang möglich ist. Bei bald eintretender Insuffizienz des Vorhofs wird daher das Blut in den kleinen Kreislauf rückgestaut, so daß eine Blutüberfüllung des Pulmonalvenensystems mit erhöhtem Lungencapillardruck resultiert, der von 4-10 mm Hg auf 40 mm Hg ansteigen kann (HOCHREIN/SCHLEICHER). Dadurch wird das Druckgefälle zwischen rechtem Ventrikel und linkem Atrium abgeflacht, also der Widerstand, gegen den die rechte Kammer arbeitet, wächst. Das bedeutet eine außerordentliche Mehrbelastung des rechten Herzens, die der rechte Ventrikel durch beträchtliche Hypertrophie seiner Muskulatur kompensiert, Mittels dieser Wandverdickung vermag die rechte Kammer ihren Druck so wesentlich zu steigern, um das normale Druckgefälle zum linken Vorhof wieder zu erreichen, daß der Druck in der Pulmonalarterie bei Belastung in schweren Fällen den der mittleren Körperarterien übersteigt (HOCHREIN). In der Folge entwickelt sich eine Induration der Lunge.

III ERLÄUTERUNG DER KURVEN AUS DER HÄMODYNAMIK

Bringen wir nun unsere Vorhofelektrokymogramme in Zusammenhang mit den Veränderungen der Blutströmungsverhältnisse des Herzens, so ergibt sich folgende Erklärungsmöglichkeit der Kurven:

Während der bei Mitralklappenstenosen verstärkten Vorhofskontraktion wird das Blut in den Lungenvenen sehr stark aufgestaut. Zudem fließt nach Untersuchungen von VERKÖ und LAGERLÖFF sogar ein Teil des Blutes aus dem Atrium in die Pulmonalvenen zurück, so daß der Druck dort noch weiter ansteigt und sich das Gefälle von den Venen zum Vorhof gegen Ende der Kontraktion erhöht. Daher strömt bei der folgenden Vorhofrelaxation, d.h. in der Kammer-systole, das Blut mit gesteigerter Geschwindigkeit (STRAUB) in den dilatierten Vorhof und weitet diesen gleichmäßig aus. Die elektrokymographische Kurve zeigt dies durch eine Aufwärtsbewegung an. Die bis zum Aortenklappenschluß ansteigende Kurve der dorsalen Ableitungen beruht also wahrscheinlich auf der starken Wiederauffüllung nach der diastolischen Entleerung. Die Auffüllung geschieht jedoch nicht derartig rasch und frühzeitig, wie wir das später bei den Insuffizienzen beobachten werden, bei denen mit Kontraktionsbeginn die Kammer mit voller Kraft das Pendelblut zurückwirft. Das Elektrokymogramm der Stenosen steigt deshalb niemals gleich zu Anfang der Systole sehr steil an.

Der Einfluß der Ventilebenenverschiebung kommt meist nur in einer Einkerbung während der Aufwärtsbewegung zur Geltung, weil zu dieser Zeit gerade der stärkste Blutzustrom in den Vorhof erfolgt und daher die Wanddehnung überwiegt; zumal die atrophische Kammer keinen großen Einfluß auf den sich prall füllenden Vorhof ausübt. Der Kurvenabfall entspricht der passiven Vorhofsentleerung während der Diastole. In den Fällen einer zunächst steileren Abwärtsbewegung wird die Kurvenform bedingt durch den anfangs größeren Druckgradienten zwischen Vorhof und Kammer; bei zunehmenden Druckausgleich flacht die Kurve ab.

Andere Bilder bekommen wir über der Ableitung e. Dies wird verständlich, wenn man beachtet, daß das linke Herzohr als Komplementärraum des Vorhofs unter etwas verschiedenen Bedingungen des Blutdurchstroms steht.

Anatomisch ist es ziemlich scharf vom Hauptraum des Atriums abgeschnürt und sitzt diesem fast gestielt auf; es liegt also außerhalb der direkten Durchgangsstraße, wie man den Vorhof nennen könnte, von den Lungenvenen zum linken Ventrikel. Infolge der starken Verlangsamung der Blutströmungsgeschwindigkeit scheiden sich hier vorzugsweise Thromben ab, aber auch im Vorhof selbst, die als Kugelthromben abgelöst ein besonderes Hindernis darstellen. Staut sich das Blut im Vorhof, dann wird auch das Herzohr vermehrt angefüllt. Die gesteigerte Muskeldehnung erzeugt eine stärkere Vorhofskontraktion. Während sich diese nun am dorsalen Vorhof nur selten deutlicher ausprägt, zeigt die Ableitung e eine auffällige praesystolische Senkung mit einer überhöhten relativen Amplitude. Das Herzohr ist offenbar noch in der Lage, sich kräftig zu kontrahieren.

Die Ventrikelsystole wirkt sich wegen der geringen Kraft der Kontraktion häufig nur als kleine Kurvensenkung aus. Nur bei ausgesprochen langsamer Anstieg zeichnet sie sich deutlicher ab. Die Aufwärtsbewegung stellt wie in den dorsalen Ableitungen die Blutauffüllung dar, die entsprechend der Vorstellung des Herzohres als Komplementärraum oft später als mit Beginn des Blutnachscheses einsetzt. In der Diastole demonstriert das Plateau, daß hier das Blut länger als im Hauptraum des Atriums aufgestaut bleibt und nicht bei Einsetzen der Klappenöffnung abfließen kann, sondern erst wenn der Druck im Vorhof nachläßt. In einigen Fällen, in denen das Plateau bis zur praesystolischen Senkung anhält, geschieht keine passive Entleerung; erst die verstärkte Kontraktion vermag Blut aus dem Herzohr auszuwerfen. Am dorsalen Vorhof zeigt sich dagegen die passive Entleerung bereits mit Beginn der Kammererschaffung.

Es können also sowohl über dem dorsalen Herzrand als auch über dem Herzohr des linken Vorhofs durchaus typische Bilder abgeleitet werden, die das Elektrokymogramm bei einer Mitralstenose charakterisieren. Beide Befunde müssen bei der Diagnostik berücksichtigt werden, wie wir später noch bei der Darstellung der kombinierten Mitralvitien erkennen werden.

IV DISKUSSION

Wie bereits erwähnt, fanden andere Untersucher zum Teil recht verschiedenartige Kurven.

HECKMANN beschreibt über dem Herzohr den unseren sehr ähnliche Formen. Wie KOPFERMANN, GADERMANN, ANDERSSON betont er die Verstärkung der Vorhofskontraktion, deren Dauer er mit 0,12 sec angibt. Aber er leitet solche Kurven an allen Vorhofsrändern ab. Dem widersprechen unsere Befunde. Auch GADERMANN mag die diastolischen Plateaukurven vom Herzohr abgenommen haben, denn wir sehen im Hinterwand-Elektrokymogramm niemals ein reines diastolisches Plateau. Seine Erklärung für eine systolische Aufwärtsbewegung, die er außerdem beobachtet, halten wir für unwahrscheinlich; denn eine Links- und Dorsalrotation müßte sich doch ebenso auf den rechten Vorhof auswirken; wie LISSNER und CORDES nachgewiesen haben. Wir nahmen deshalb zum Vergleich den rechten Vorhof, S. ab. Es treten dort keinerlei ähnliche Formen auf, außer wenn nicht der rechte, sondern in Wirklichkeit der linke Vorhof untersucht wurde, der sich, was aus dem Röntgenbild zu beurteilen ist, zum rechten Herzrand hin erweitert hat, oder zusätzlich eine relative Tricuspidalinsuffizienz entstand.

Im Gegensatz zu ANDERSSON, der einen verzögerten Kurvenabfall beschreibt, sehen wir einen solchen in den dorsalen Ableitungen nur selten, sondern meist eine dem normalen Vorhofelektrokymogramm entsprechende Dauer der Abwärtsbewegung. Die meisten Autoren, die ein systolisches Plateau bei Mitralklappenstenosen fanden, deuteten dies im Sinne eines gewissen Refluxes, d.h. daß die Stenosen nicht als rein anzusehen waren.

B ELEKTROKYMOGRAFIE DER MITRALINSUFFIZIENZEN

Betrachten wir nun die Vorhofelektrokymogramme der "reinen" Mitralinsuffizienzen. Wir verfügen nur über 4 Fälle, nachdem wir 4 Patienten ausschieden, deren Befund nicht völlig eindeutig war. Reine Insuffizienzen der Mitralis sind sehr selten. Bei der klinischen Diagnose der Insuffizienz wird ein beginnender und sich erst später manifestierender Stenoseanteil häufig übersehen. Außerdem werden die Anfangsstadien eines Mitralvitiums nach rheumatischer Endocarditis, das zunächst oft nur eine Insuffizienz darstellt und sich erst im Laufe der Zeit in eine Stenose, bzw. ein kombiniertes Leiden umwandelt, meist nicht klinisch erfaßt. Nach Aufstellungen von GROSSE-BROCKHOFF kommen Insuffizienzen nur in 2-3 % der gesamten Mitralfehler vor, im Gegensatz zu 50 % Stenosen. Daher werten wir unsere elektrokymographischen Ergebnisse bei Mitralinsuffizienzen nur mit einiger Vorsicht aus. Trotzdem sehen wir es im Rahmen der Gesamtarbeit, die ja auch die kombinierten Vitien mit erheblichem Insuffizienzanteil behandelt, zudem die hämodynamischen Gesichtspunkte berücksichtigt, als berechtigt an, folgende Merkmale als charakteristisch für Insuffizienzkurven aufzuzeigen.

I KURVENFORMEN

a) ABLEITUNGEN DES DORSALEN VORHOFFRANDES

Die drei dorsalen Ableitungen verlaufen ziemlich gleichförmig in den oberen, mittleren und unteren Vorhofabschnitten. Mit Beginn der Austreibungszeit steigt die Kurve in gerader Bewegung außerordentlich steil an und bildet systolisch oder bei Tachycardie im Übergang zur Diastole eine Spitze oder eine flache Kuppel, die manchmal kleine, unregelmäßige Einkerbungen aufweist, so daß man auch von einem Plateau sprechen kann. In der frühen Diastole setzt dann ein nahezu ebenso steiler Kurvenabfall ein, an den sich die praesystolische Senkung der Vorhofskontraktion anschließt. Diese tritt nicht verstärkt auf, sondern ist häufig nur angedeutet zu erkennen oder verschwindet völlig in der steilen Abwärtsbewegung. Eine Ventrikelsenkung fehlt, markiert sich auch nicht im Steilanstieg. Gegebenenfalls ruft aber der Ventrikeleinfluß die Unregelmäßigkeiten im Plateau hervor.

b) ABLEITUNG DES HERZOHRRANDES

Über dem Herzohr, Ableitung e, fanden wir keine einheitlichen Formen. Jedoch in drei unserer vier Fälle dominiert der Ventrikel als tiefe systolische Senkung der Kurve, die dann spätsystolisch oder diastolisch wieder ansteigt.

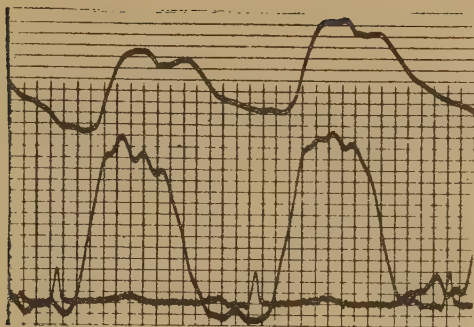


Abb. 7 (S.S.) Mitralinsuffizienz,
Kurve vom dorsalen Vorhof,
oben.

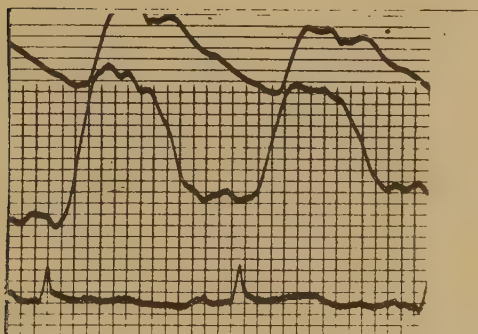


Abb. 8 Mitte.

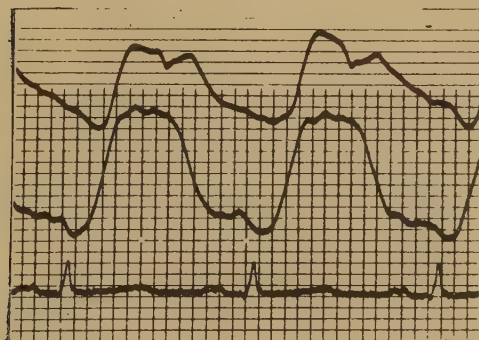


Abb. 9 unten.

II HÄMODYNAMIK BEI MITRALINSUFFIZIENZEN

Diese Insuffizienzkurven sind ebenso wie die der Stenosen aus den Veränderungen der Blutströmung zu erklären. Bei Schlußunfähigkeit des Mitralostiums wirft der linke Ventrikel mit jeder Systole einen beträchtlichen Teil des Blutes statt in die Aorta in den linken Vorhof zurück. Das ergibt ein Pendelblutvolumen, das die diastolische Anfangsfüllung der Kammer erhöht, dadurch die Muskulatur stärker dehnt und so eine kräftigere Kontraktion erreicht. In Anpassung an diese größere Volumenarbeit dilatiert und hypertrophiert die Ventrikelwand. Während in der isometrischen Phase nur wenig zurückfließt, dauert die Regurgitation die ganze Austreibungszeit an. Nach WIGGERS ist die Menge des Rückstroms in der Anspannungszeit wesentlich bedingt durch die Geschwindigkeit der Spannungsentwicklung der Kamtermuskulatur. Ein rascher Druckanstieg verhindert die Regurgitation, die dann erst in der Entleerungsphase einsetzt. Läßt die kontraktile Kraft der Muskulatur bei Dekompensation nach, dann verlangsamt sich der Druckanstieg, und das Blut fließt nun schon in der isometrischen Phase durch die insuffiziente Klappe zurück.

Das rückgeworfene Blut staut sich im linken Vorhof. Dieser versucht es mit dem neuen Zustrom aus dem kleinen Kreislauf bei der folgenden Kammerdiastole wieder in den Ventrikel auszuschütten. Der Blutaustausch zwischen Vorhof und Kammer geht ohne Hindernis vonstatten. Deshalb fehlt zunächst eine chronische Lungenstauung, die pulmonalen Druckwerte werden wenig beeinflusst. Erst im Laufe der Zeit entwickeln sich die gleichen Verhältnisse im Lungenkreislauf und rechten Herzen, wie wir sie bei den Stenosen dargelegt haben, jedoch weniger ausgeprägt.

III ERKLÄRUNG DER KURVEN AUS DER HYDYNAMIK

Die im Vorhofelektrokymogramm registrierten Randbewegungen spiegeln diese veränderten Volumverhältnisse bei vorliegender Mitralinsuffizienz wider. Wie bei den Vitien mit reiner Klappenstenose ist besonders darauf hinzuweisen, daß sich die Kurven in den drei dorsalen Ableitungen ziemlich gleichartig verhalten, was im Gegensatz steht zu den Formen der anschließend zu behandelnden kombinierten Fehler. Die Kurve steigt sehr steil an und beginnt in der frühen Auswurfzeit. Beide Kriterien unterscheiden bereits das Insuffizienzelektrokymogramm von dem der Stenosen mit ihrem weit flacheren und zeitlich späteren Anstieg. In dieser Phase geschieht bei schlußunfähiger Klappe der stärkste Rückfluß aus dem Ventrikel. Daher erscheint es uns wohl begründet, die Regurgitation als Ursache für die charakteristischen Veränderungen des Elektrokymogramms anzusehen. Denn bei den kompensierten Insuffizienzen, bei denen die Lungenstauung wenig ausgeprägt ist, kommt eine solch rasche Wiederauffüllung aus den Venen, wie wir sie bei einer Ostiumeinengung finden, als Erklärung nicht in Betracht. Sie würde ja auch eine völlig andere, nämlich die für die Stenosen beschriebene Kurve, hervorrufen. Dagegen setzt bei Beginn der Entleerung der Rückstrom mit voller Kraft gegen den geringen Widerstand der defekten Klappe ein und bewirkt auf diese Weise die auffallend schnelle Ausweitung des Vorhofs, was sich im Elektrokymogramm als Kurvenanstieg äußert. Zu dem Rückfluß addiert sich der Nachschub aus dem kleinen Kreislauf.

Die passive Entleerung des durch das zusätzliche Pendelblut stark überfüllten Vorhofs geht in der Diastole ohne Schwierigkeiten und rasch vonstatten. Auf dieser Tatsache beruht der Steillabfall der Kurve. Daher kontrahiert sich der Vorhof trotz der anfänglich erheblichen Wanddehnung nicht verstärkt, was darin zum Ausdruck kommt, daß, wenn überhaupt eine Vorhofskontraktion erscheint, diese ein im Verhältnis zur hohen Amplitude der passiven

Entleerung nur minimales Ausmaß aufweist. Ein deutlicher Ventrikeleinfluß, der eine systolische Senkung hervorruft, fehlt trotz der hypertrophierten Kammermuskulatur, denn die die Vorhofswand dehnende Kraft des systolischen Rückflusses dominiert weit über den gleichzeitig entgegen wirkenden Sog des Atrioventricular-Septums, zumal dieser infolge der Schlußunfähigkeit der Mitralis vermindert ist.

Dagegen wird die Kurve des Herzohres stärker vom Ventrikel geformt, da dieses als Komplementärraum des Vorhofs erst später angefüllt wird, also von der Regurgitation nicht erreicht wird. Zudem ist es wohl weniger starr als bei den reinen Stenosen, da hier seltener Thromben auftreten, so daß sich der Ventrikeleinfluß deutlicher auswirken kann.

Ebenso wie für reine Stenosen finden wir also auch Formen im Vorhofelektrokymogramm, die eine Insuffizienz eindeutig kennzeichnen.

IV DISCUSSION

Übereinstimmend mit unseren Ergebnissen wird bei Mitralinsuffizienz in der Literatur in den meisten Fällen von einem systolischen Plateau im Vorhofelektrokymogramm gesprochen; selten aber gelingt es, diese Form genauer von den Kurven der Stenosen abzugrenzen. Wie bereits in der Diskussion bei den Mitralstenosen kurz erwähnt, dürfte hierzu zu sagen sein, daß wohl die typischen Unterschiede zwischen dem Elektrokymogramm der Stenosen und der Insuffizienzen verwischt werden, indem man bei den Insuffizienzen eine gewisse Stenosierungskomponente übersieht. Wir führten anfangs an, daß nur in wenigen Fällen eine wirklich reine Insuffizienz elektrokymographisch untersucht wird. Daher stellen die Kurven, die isolierten Fehlern zugeordnet werden, oftmals das Bild eines kombinierten Vitiums dar. Diese Annahme gewinnt noch mehr an Bedeutung und erscheint verständlicher, wenn wir die Merkmale der Elektrokymogramme beim kombinierten Klappendefekt kennen.

HECKMANN findet bei seinen Patienten mit Mitralinsuffizienz ähnliche Ergebnisse wie wir. Doch er sieht gegensätzlich zu uns den frühsystolischen Anstieg auch in den Kurven der Herzohrableitungen. Dies fällt umso mehr auf, als wir solche Formen auch bei den zahlreichen Fällen der kombinierten Vitien niemals über dem Herzohr beobachten. FLEISCHNER, WALTER, ABELMANN, BUKA legen den Wert ihrer Beurteilung, ob es sich bei einem systolischen Plateau um Regurgitation handelt, auf die Lage des Gipfels, der sich im Falle eines Rückflusses im ersten Drittel der Systole abzeichnen muß. Uns dagegen erscheint vorwiegend die frühsystolische Aufwärtsbewegung beachtenswert, denn bei kurzer Dauer der Herzperioden kann der Gipfel auch bei einem Steilanstieg durchaus in die späte Systole fallen.

C ELEKTROKYNOCARME DER KOMBINIERTEN MITRALVITEN

In der Literatur der Vorhofelektrokymogramme bei Mitralfehler wurden die Veränderungen der Kurven des kombinierten Vitiums selten einer eingehenden Betrachtung unterzogen, obwohl sie nahezu ebenso oft wie die reinen Mitralstenosen bei der Obduktion gefunden werden, nämlich etwa in 40 % (LOOGEN). Das Ausmaß der Stenose oder Insuffizienz wechselt naturgemäß bei den kombinierten Mitralvitien, z.B. ist der Insuffizienzanteil bei den sog. Knopflochstenosen gering. Es ist wegen der eventuellen Operationsindikation von klinischem Interesse, die Stenose- oder Insuffizienzkomponente zu kennen.

Wir haben 25 Patienten mit kombinierten Mitralfehlern untersucht. Die Diagnose wurde wie bei den anderen beschriebenen Fällen auf Grund der klinischen, röntgenologischen, eventuell chirurgischen und autoptischen Befunde gestellt und darf als genügend gesichert gelten.

Zunächst legen wir die charakteristischen Kriterien der Kurven bei kombinierten Vitien dar und ordnen diese anschließend dem Stenose- bzw. Insuffizienzanteil zu.

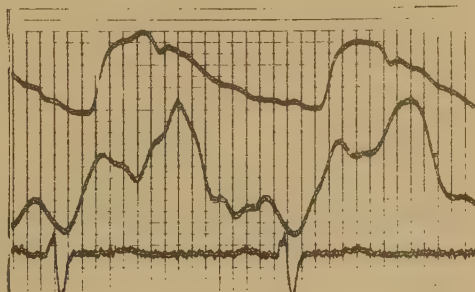
I KURVENFORMEN

a) ABLEITUNGEN DES DORSALEN VORHOFFRANDES

Die Ableitungen des dorsalen Vorhofs stellen keine neuen Typen dar, sondern es sind Kurven, die sich zusammensetzen aus Anteilen der oben bereits beschriebenen Stenose- und Insuffizienzelektrokymogramme. Somit herrscht ganz im Gegensatz zu den reinen Klappenfehlern keine Einheitlichkeit der Kurven in der Abfolge der Elektrokymogramme. Zudem werden die typischen Formen weitgehend abgewandelt, sowohl in der Einzelkurve als auch in den verschiedenen Ableitungen, je nach dem Grad der beteiligten Stenose oder Insuffizienz, so daß Mischkurven entstehen.

Daher beobachten wir bei starkem Insuffizienzanteil nicht immer eine reine systolische Plateauform, sondern es bildet sich ein Elektrokymogramm heraus, das wir als Übergang zum Kegeltyp bezeichnen möchten. Dabei handelt es sich um eine doppelgipflige Figur, bei der der erste Gipfel zu Ende des Steilanstiegs in der frühen Austreibung liegt und damit dem Knick entspricht, mit dem sonst der Grad der Steilheit im Aufwärtsschenkel der Kegelkurve wechselt.

Abb. 10 (H.K.)
Kombiniertes
Mitralvitium,
Kurve vom dorsalen
Vorhof, oben.

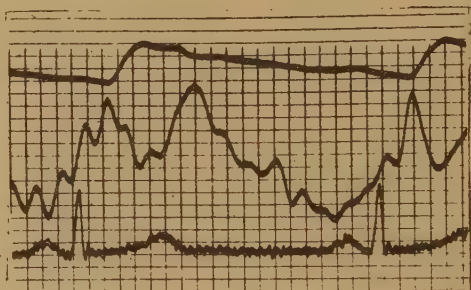


Nun erfolgt eine zeitweilig besonders tiefe Einkerbung oder kleine Senkung, um dann zum höheren zweiten Gipfel zur Zeit der Carotisincisur anzusteigen. Es entsteht dadurch eine sehr breite Tellenform, die je nach dem Unterschied der Höhe der beiden Kurvengipfel und dem Ausmaß des Einschnittes als annähernder Kegeltyp der Stenosen

oder als systolisches Plateau der Insuffizienzen anzusehen ist.

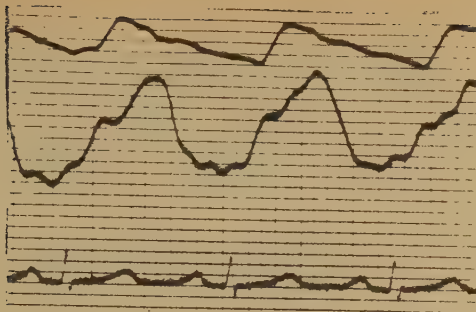
Eine Variation dieser Form findet sich wesentlich seltener in unserem Material (4 Patienten). Hierbei beginnt der erste Kurvenanstieg bereits in der Anspannungszeit oder auch noch früher über der P-Q-Überleitung des EKG, ebenfalls mit dem ersten Gipfel in der frühen Entleerungsphase.

Abb. 11 (M.O.)
Kombiniertes
Mitralvitium,
Kurve vom dorsalen
Vorhof,
oben.

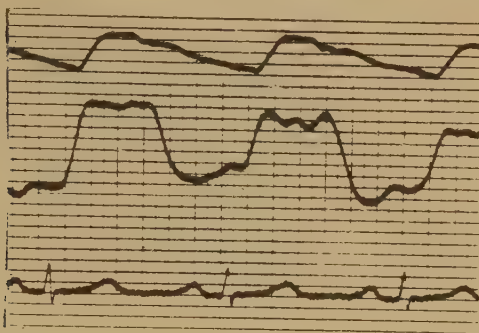


Daneben kommen 2 Fälle vor, die in einer Ableitung nach einer tiefen systolischen Senkung eine diastolische Aufwärtsbewegung aufweisen. Alle diese Kurven ändern charakteristischerweise in der Reihe der Ableitungen und von Patient zu Patient ihre genaue Ausprägung.

In einem typischen Fall zeigt die obere Abnahme die Stenosen-Kegelkurve in abgewandelter Ausbildung. Der Beginn des aufsteigenden Schenkels liegt hier im allgemeinen früher als bei reinen Stenosen, nämlich bereits bei der R-Zacke bis 0,05 sec. nach S im EKG. Er kann zunächst sehr steil verlaufen, um dann mit deutlichem Knick in einen flacheren Teil überzugehen. Dadurch erscheint die Kurve viel breiter als beim reinen Kegeltyp. Der Höhepunkt fällt regelrecht auf die Zeit der Carotisincisur. Dagegen beschreiben die Elektrokymogramme der mittleren und unteren Ableitung desselben Patienten ein breites, die ganze Systole ausfüllendes Plateau, also eine Figur,



Abl. 12 (D.H.) Kombiniertes Mitralvitium,
Kurve vom dorsalen Vorhof, oben.



Abl. 13 - Mitte.

Die den Insuffizienztyp zugehörig mit frühem Steilenstieg bei Ausstreichungsbeginn, steilem Abfall zu Anfang der Diastole. Bei anderen Patienten kann die Reihenfolge vertauscht sein, so daß oben und unten eine Kegelform und in der Mitte ein systolisches Plateau entsteht. Dazwischen findet sich in einem Fall in einer Ableitung auch eine unveränderte Stenosekurve.

Häufig tritt bei den Elektrokymogrammen unserer kombinierten Mitralvitien ein stufenweiser Verlauf hervor entweder während der Auf- oder der Abwärtsbewegung und recht deutlich in den Zwischenstücken, wie er bei den reinen Mitralfehlern nicht vorkommt. Aber auch solche Unregelmäßigkeiten wechseln zeitlich und in ihrer Gestalt von der oberen zur unteren Ableitung.

Abb. 14 (H.J.)
Kombiniertes
Mitralvitium,
Kurve vom Herzohr.
Deutlicher
Ventrikeleinfluß.

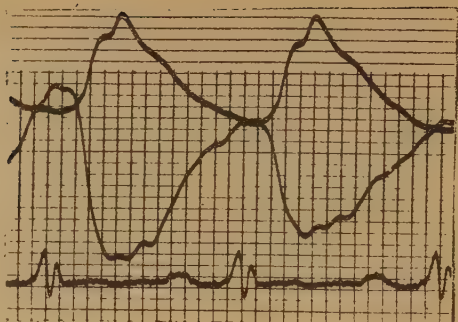


Abb. 15
Kurve vom dorsalen
Vorhof, oben.
Stufenweiser früher
Anstieg zur ange-
nähersten Kegelkurve.

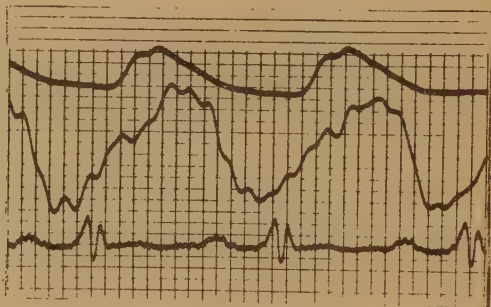


Abb. 16
Mitte.
Frühsystolischer
Steilanstieg zur
systolischen
Plateaukurve.

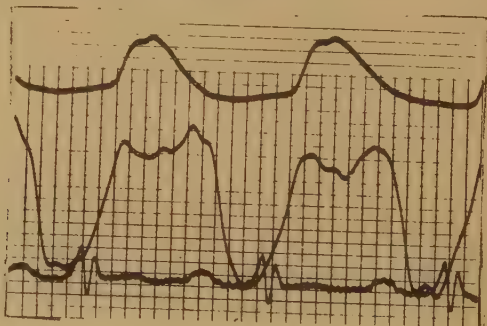
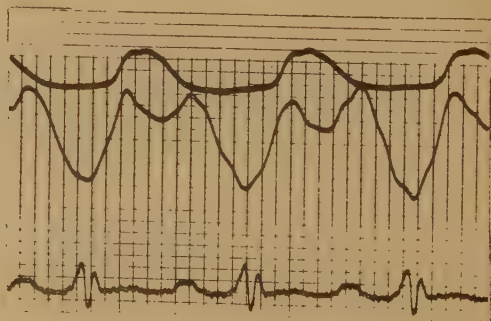


Abb. 17
unten.
Frühsystolischer
Steilanstieg zur
systolischen
Plateaukurve.



b) ABLEITUNG DES HERZOTTRANDES

Über dem Herzohr zeichnet sich vorwiegend das Elektrokymogramm ab, wie wir es mit verstärkter Vorhofscontraktion und diastolischem Plateau von den reinen Stenosen über e kennen, jedoch in der Form leicht verändert. In allen übrigen Bildern, die sich nicht in dieses Schema einordnen lassen, tritt die systolische Ventrikelsenkung in den Vordergrund (6 Fälle). Dabei kann eine reine Ventrikelkurve oder auch eine Vorhofsform, wie wir sie vom Normalen kennen, entstehen, die dem Dreiwellentyp in etwa entspricht.

Wir beobachten also über e keine für kombinierte Mitralvitien typische Kurve, wie wir sie als charakteristisch für den dorsalen Vorhof beschrieben haben.

Abb. 18 (A.W.)
Kombiniertes
Mitralvitium,
Kurve vom dorsalen
Vorhof, Mitte.
(Kurve desselben Pat.
wie Abb. 2, aber
post op.)

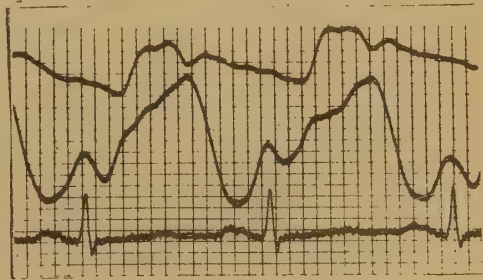
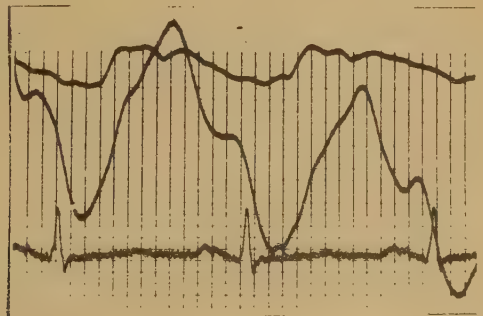


Abb. 19
unten.



c) VORUNDNACHHERZKURVEN VOR UND NACH EINER VALVULOTOMIE

Besonders interessant sind Fälle, bei denen man die Elektrokymogramme, die vor und nach einer Kommissurensprengung abgenommen wurden, vergleichen kann. Denn in der Folge einer Valvulotomie entsteht nachgewiesenermaßen häufig eine gewisse Insuffizienz. Es lassen sich hierbei manchmal die Verschiebungen von einer reinen Stenose zu einem kombinierten Vitium mit deutlichem Insuffizienzanteil demonstrieren. So sehen wir z.B. bei einem Kranken vor der Operation in den dorsalen Ableitungen die für Stenosen typischen Kegelformen und über e ebenfalls die charakteristische Form. Nach der Ostiumerweiterung ist das Elektrokymogramm verändert. Die dorsalen Abschnitte zeigen keine völlige Übereinstimmung mehr der einzelnen Kurven untereinander. Während oben die reine Stenosekegelform erhalten bleibt, steigt die Kurve in der mittleren Ableitung früher an, so daß eine sehr breite Figur zustande kommt. In der unteren Abnahme sehen wir einen deutlich frühen Steilanstieg mit dem Gipfel an der Carotisincisur. Über e tritt der Ventrikeleinfluß etwas hervor. Die Kurven der einzelnen Ableitungen unterscheiden also und zeigen Insuffizienzzeichen, so daß wir nicht mehr von einer reinen Stenose sprechen können.

Nach diesen Beobachtungen wird verständlich, wie wichtig es ist, mehrere Ableitungen von verschiedenen Stellen des Vorhofs zu berücksichtigen und zur Auswertung heranzuziehen.

II ERKLÄRUNG DER KURVEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER HÄMODYNAMIK

Hämodynamisch erklären wir die Entstehung der elektrokymographischen Vorhofskurven bei den kombinierten Mitralfehlern, besonders bezüglich der Stenose- und Insuffizienzanteile, wie folgt:

Trifft die Einengung der Mitralis zugleich mit deren Schlußunfähigkeit zusammen, dann folgt daraus eine Hämodynamik, die kompliziert wird dadurch, daß sie abhängt von den beschriebenen Gesetzmäßigkeiten sowohl der einen wie der anderen Veränderung. Wir finden deshalb variable Bilder, bei denen die dorsalen Ableitungen des Elektrokymogramms nicht einheitlich sind. Das bedeutet, daß die einzelnen Abschnitte des stark dilatierten Vorhofs unter verschiedenen Einwirkungen stehen. So kann sich an einer Stelle der Rückfluß deutlicher ausprägen, indem er die Wand ausdehnt, während in einem anderen Bereich die Füll-auffüllung aus den gestauten Lungenvenen überwiegt. Oder es vermag der hypertrophierte Ventrikel seinen Einfluß im Sinne des apikal gerichteten Sogs auszuüben. Die unterschiedlichen Komponenten spielen so ineinander, daß die Kurven nicht mehr in ihrer reinen Form auftreten, sondern sich gegenseitig mehr oder weniger abwandeln.

Als Zeichen der Stenosierung beobachten wir in irgendeinem Kurvenabschnitt den Kegeltyp, dessen Ausprägung jedoch erheblich von der zugleich beteiligten Insuffizienz beeinflusst wird. Die Regurgitation aus dem Ventrikel setzt mit der Kammeraustreibung ein, also in einer Phase, in der der Zustrom aus den Venen nach der vorausgegangenen Vorhofentleerung erst langsam die Wand wieder ausdehnt, so daß die plötzliche starke Erweiterung durch das zusätzliche Pendelblut sich im Elektrokymograma besonders markant auswirken kann. Das erklärt die rasche und frühzeitige Aufwärtsbewegung der Kurve zu einer für die Kegelform ungewöhnlichen Steilheit.

Im weiteren Verlauf addiert sich dann ständig der Rückfluß, der wohl bei zunehmendem Vorhofdruck abnimmt, zu

Abb. 20 (M.E.)
Kombiniertes
Mitralvitium,
Kurve vom Herzohr.
Typische Stenose-
zeichen.

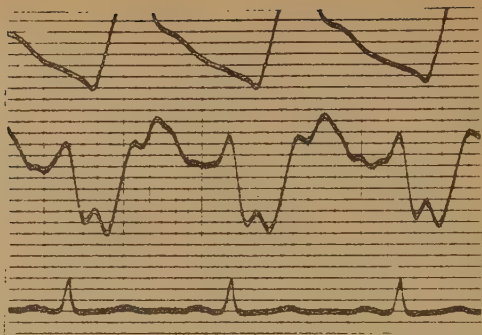


Abb.
Kurve vom dorsalen
Vorhof, oben.
Breites systolisches
Plateau.

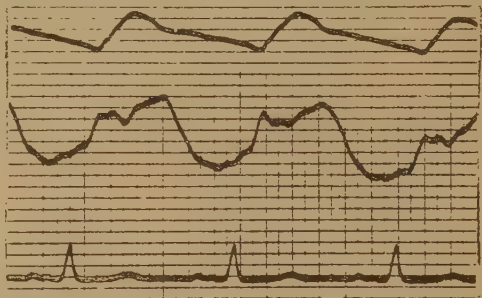


Abb. 22
Mitte.
Abgewandelte Kegel-
kurve mit fröhsysto-
lischem Steilanstieg.

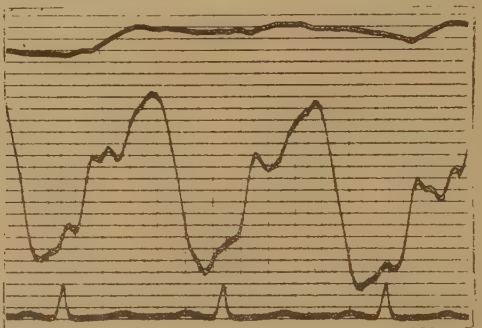
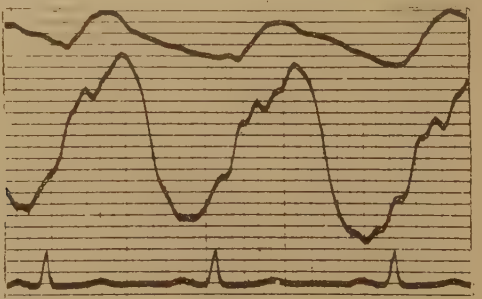


Abb. 23
unten.
Abgewandelte Kegel-
kurve mit fröhsysto-
lischem Steilanstieg.



Kombiniertes Mitralvitium, vorwiegend Stenose.

dem Blut, das aus dem kleinen Kreislauf einströmt; deshalb steigt die Kurve bis zum Systolenende an. Liegt ein sehr starrer, stark verengter Klappenring vor, dann wird der Reflux eingeschränkt. Dies äußert sich darin, daß die Kurve nicht derartig steil aufwärtsgeht, sondern zur Unterscheidung von den reinen Stenosen der Anstieg nur etwas verfrüht einsetzt und Unregelmäßigkeiten der Linienführung aufweist.

Nach Aortenklappenschluß läßt der Druck im Ventrikel nach, das Blut fließt wieder aus dem Vorhof in die Kammer ab, und zwar umso rascher je geringer die Ostiumeinengung ist, so daß die Kurve steil abfällt. Aber auch bei deutlicherer Stenosierung geschieht die Abwärtsbewegung nicht wesentlich flacher, da das Blut im Sinne des Druckausgleiches strömt; denn in dieser Phase ist der Vorhofdruck gegenüber dem der Kammer überhöht.

Betrachten wir nun vergleichend, wie das Insuffizienz-elektrokymogramm von der begleitenden Stenose umgebildet wird. Neben der verhältnismäßig reinen systolischen Plateauform, auf die die Stenose geringen Einfluß ausübt, sehen wir eine doppelgipflige Kurve. Der steile Anstieg zum ersten Gipfel entspricht der Vorhofausdehnung durch das Rückfluvolumen aus der Kammer. Dazu kommt dann der Einstrom aus den Venen, der nach der Kurvensenkung überwiegt und die Erhöhung zum zweiten Gipfel bewirkt. Die mehr oder weniger ausgeprägte systolische Senkung wird vom Ventrikel ausgelöst, was daraus zu schließen ist, daß in den Fällen einer tiefen systolischen Einkerbung über allen Vorhofabschnitten der Einfluß des Ventilebenen-sogs deutlich sichtbar ist, auch wenn die einzelnen Formen weit auseinander gehen. Dies kann als Zeichen einer kräftigen Kontraktion zu werten sein und damit einer hypertrophierten Kamtermuskulatur, wie es eine Insuffizienz mit sich bringt, im Gegensatz zum atrophischen Ventrikel bei der reinen Stenose.

Bei den selteneren Kurven, deren Anstieg schon vor der Austreibung erfolgt, liegt wohl ein gewisses Versagen der Muskelkraft zugrunde. Denn wie bereits bei den Insuffizienzen auseinandergesetzt wurde, hängt der Zeitpunkt, zu dem die Regurgitation einsetzt, vornehmlich von der Geschwindigkeit der Spannungsentwicklung in der Kammer ab. So ist die Ursache der frühen Vorhofserweiterung, d.h. der Aufwärtsbewegung des Elektrokymogramms, in dem allerdings nicht beträchtlichen Reflux während der Anspannungszeit zu suchen.

Die übrigen beschriebenen Elektrokymogrammformen finden wir wesentlich vereinzelter. Zeichnet sich erst nach einer tiefen systolischen Senkung eine Aufwärtsbewegung ab, so läßt dies einen Insuffizienzanteil mit kräftigem Ventrikel vermuten, dessen Herzspitzenwärts gerichteter Einfluß auf die Kurve den der Regurgitation überwiegt und die Wiederauffüllung aus den Venen beeinträchtigt, so daß erst spätsystolisch oder frühdiaistolisch die Vorhofausdehnung sichtbar wird.

Diese Elektrokymogramme treten nicht über allen Ableitungen gleichmäßig auf, sondern stets in Kombination mit anderen typischeren Formen, die den Befund sichern.

Der unregelmäßige, stufenweise Verlauf, den wir bei den meisten Kurven antreffen, ist Ausdruck eines erschweren Blutaustausches zwischen Vorhof und Ventrikel und umgekehrt, der darauf beruht, daß das Volumen durch das Fendelblut vermehrt ist, während gleichzeitig die Fläche der Durchtrittsöffnung verkleinert wurde.

Ebenso unterliegt auch das Herzohr beim kombinierten Vitium recht komplizierten Bedingungen. Der Rückfluß erreicht selten in der frühen Systole diesen vom übrigen Vorhof abgesetzten Komplementärraum, der häufig thrombosiert ist. Daher wird er meist erst diastolisch aufgefüllt, was zu den über dem Herzohr der reinen Stenosen entsprechenden Kurven führt. Außerdem vermag die Ventrikelkontraktion je nach ihrer Stärke das Herzohr zu

beeinflussen, so daß in der Kurve eine systolische Senkung auffällt. Es läßt sich meist, jedoch nicht immer, wie zu erwarten wäre, zu einem Vorhof, dessen dorsale Ableitungen Überwiegend den Stenosekegeltyp aufweisen, eine diastolische Plateauform des Herzohres zuordnen. Umgekehrt gilt dasselbe, wenn der Ventrikel das Bild des Hinterwand-Elektrokymogramm beherrscht, tritt gehäuft aber nicht regelmäßig die systolische Senkung auch über e deutlich hervor.

Mit Hilfe dieser Kurvenanalyse läßt sich die Beteiligung des einen und des anderen Anteils am kombinierten Mitralvitium in den meisten Fällen abgrenzen. Man sucht die Merkmale der Stenose und die der Insuffizienz in den drei dorsalen Ableitungen und über dem Herzohr heraus und wägt sie gegeneinander ab. Tragen die beiden Komponenten in etwa gleichem Grad zur Bildung der Elektrokymogrammform bei, dann kann man keinen vorherrschenden Fehler angeben. Sind beispielsweise die obere und mittlere Ableitung zum größten Teil als Insuffizienzkurven zu beurteilen, während die untere einen Kegeltyp darstellt, die Kurve jedoch schon bei Austreibungsbeginn ansteigt, und dazu sich der Ventrikel über dem Herzohr markiert, dann wird man von einer weitgehenden Insuffizienz sprechen.

D ELEKTROKYMOGRAFIE DER KOMBINIERTEN AORTEN- MITRAL-FEHLER

Das Mitralvitium ist häufig mit einem Aortenvitium kombiniert, nach einer Aufstellung von GROSSE-BROCKHOFF in 27 % der Fälle mit erworbenen Herzklappenfehlern; und zwar vornehmlich in Form einer Mitralstenose mit einer Aorteninsuffizienz (BÜCHNER). Aber andere Kombinationen kommen ebenfalls vor.

Auch bei den kombinierten Aorten-Mitral-Fehlern ist die Hämodynamik im linken Vorhof im wesentlichen durch die Veränderung an der Mitralis bedingt. Von Seiten des Aortenfehlers spielen nur die mitgeteilten Ventrikeleinflüsse eine Rolle. Sowohl eine Aortenstenose als eine Insuffizienz verursachen eine Dilatation und Hypertrophie der linken Kammer. Deshalb können wir die Vorhofelektrokymogramme der kombinierten Aorten-Mitral-Vitien in diesem Zusammenhang untersuchen, solange es sich um einen kompensierten Klappenfehler handelt. Allerdings wird bei bestehender Mitralinsuffizienz der Rückfluß besonders groß sein, denn die überfüllte und erheblich gedehnte Kammer wirft systolisch das Blut entsprechend der vermehrten Muskeldehnung mit stark erhöhtem Druck aus, also auch in den Vorhof zurück. Die Regurgitation wächst außerdem bei zunehmendem Widerstand durch eine Aortenstenose.

Wir finden im Vorhofelektrokymogramm der Aorten-Mitral-Fehler dieselben Kurven und die gleichen Abwandlungen und Variationen wie bei den Mitralvitien. In der Frage nach einer Mitralstenose und Mitralinsuffizienz beurteilen wir daher die Bilder der Aorten-Mitral-Vitien nach den gleichen Kriterien wie die Mitralfehler, berücksichtigen aber gleichzeitig, daß beim Vorliegen eines besonders starken Rückflusses dieser zumindest teilweise durch das Aortenvitium bedingt sein kann. Über den Aortenklappenfehler läßt sich dadurch nichts aussagen.

E ELEKTROKYMOGRAFIE DER MITRALVITIIEN MIT ABSOLUTER ARRHYTHMIE BEI VORHOFFLIMMERN

In einem hohen Prozentsatz der Mitralvitien, besonders der Stenosen (nach DE GRAFF und LINGG 43 %), kommt es im Verlaufe der Erkrankung zu Vorhofflimmern, vor allem wenn bei hochgradiger Rückstauung und Rechtsinsuffizienz eine übermäßige Vorhofsdehnung vorliegt. Dies Vorhofflimmern hat meist, außer bei totalem A-V-Block, eine absolute Kammerarrhythmie zur Folge. Deshalb gehen wir in einem getrennten Kapitel auf die Besonderheiten des Vorhofelektrokymogramms bei Mitralvitien mit Vorhofflimmern und einer Absoluta ein; denn ihre Kurven weichen in recht einheitlicher Weise von den Bildern der Mitralfehler mit Eurhythmie ab.

I HÄMODYNAMIK BEI MITRALVITIIEN MIT ABSOLUTER ARRHYTHMIE BEI VORHOFFLIMMERN

Das Vorhofflimmern kennzeichnet sich durch sehr schnelle, unregelmäßige Vorhofreize (Frequenz 350-600/min), die nicht die ganze Vorhofmuskulatur erfassen, so daß keine einheitliche Vorhofskontraktion zustande kommt. Von diesen frequenten Erregungen wird nur ein Teil auf die Kammer übergeleitet. Daher unterliegt die Schlagfolge großen Schwankungen, und es entsteht eine absolute Kammerarrhythmie. Ist die Diastole sehr kurz, was besonders bei der schnellen Form der Absoluta der Fall sein kann, dann verringert sich das Füllungsvolumen der Kammer so erheblich, daß die Kontraktionskraft, die von der Muskeldehnung abhängt, nicht ausreicht, um Blut in die Aorta auszuwerfen. Man spricht dann von einem Pulsdefizit, denn trotz systolischer Kontraktion läßt sich keine Pulswelle in der Peripherie tasten. In unseren Bildern drückt sich das in einer fehlenden Carotisswelle bei vorhandener Herzaktion im EKG aus. Umgekehrt antwortet die Carotiskurve auf eine verlängerte Diastole mit deutlich überhöhter Kurve, denn wegen der starken diastolischen Füllung ist die Auswurfleistung wesentlich besser.

II KURVENFORMEN

Untersuchen wir die Vorhofelektrokymogramme, so fehlen die Unterschiede, die sie in Stenosen oder Insuffizienzen einteilen würden. In den dorsalen Ableitungen handelt es sich um eine einwellige Kurve, deren Aufwärtsbewegung im allgemeinen in der Anspannungszeit oder der frühen Austreibung beginnt. Sie kann aber auch bereits früher in der vorhergehenden Diastole langsam ansteigen, insbesondere wenn diese stark verlängert ist; sie wird dann aber in der Systole bedeutend steiler. Anschließend erfolgt ein mehr oder weniger rascher diastolischer Abfall, der häufig in einen flacheren Schenkel übergeht. Auf Grund des unterschiedlichen Auf- und Abstiegs variieren die Kurvengipfel, die sich als Kegel-, Kuppel- oder Plateauförmig ausbilden. Wegen des Flimmerns fehlt eine Vorhofkontraktionswelle im Elektrokymogramm. Es fällt auf, daß die Amplituden der Wellen, die zeitlich genau den EKG-Perioden entsprechen, in ihrer Größe nur gering variieren. Diese Tatsache unterscheidet das Elektrokymogramm in bezeichnender Weise von der Carotispulskurve, deren Höhe von der Dauer der vorangegangenen Diastole abhängt. Das Elektrokymogramm folgt also offenbar anderen Gesetzmäßigkeiten als die Carotiskurve.

Die Befunde über dem Herzohr gleichen manchmal den dorsalen Vorhofableitungen, manchmal den Ventrikelkurven mit systolischer Senkung und diastolischem Anstieg; in seltenen Fällen allerdings zeigen sich völlig unregelmäßige Wellenbewegungen.

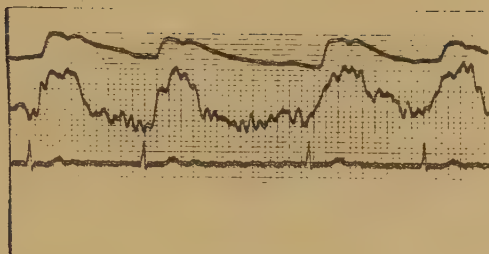


Abb. 24 (H.Sch.) Mitralvitium mit
absoluter Arrhythmie, Kurve vom
dorsalen Vorhof; oben.

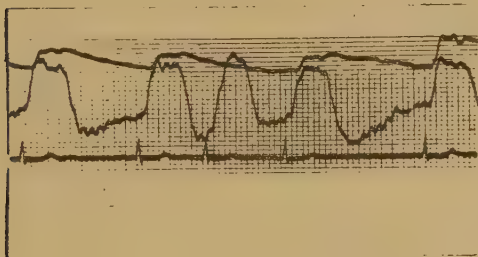


Abb. 25 unten.

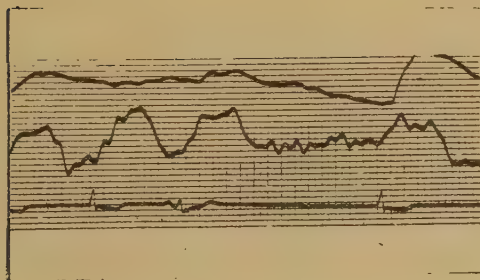


Abb. 26 (P.St.) Mitralvitium mit
absoluter Arrhythmie, Kurve vom
dorsalen Vorhof, oben.

III ERLÄUTERUNG DER KURVEN AUS DER HÄMODYNAMIK

Suchen wir nach der Ursache für die ziemlich einheitliche, regelmäßige Kurvenform im dorsalen Vorhofelektrokymogramm, so ergibt sich Folgendes:

Bei Vorhofflimmern fehlt die Vorhofskontraktion. Daher erfolgt der starke venöse Zustrom nahezu kontinuierlich. Der Wechsel des Blutvolumens im Vorhof hängt also nur von der Kammeraktion ab. In der Systole, während der das Blut nicht in den Ventrikel abströmen kann, dehnt es die Vorhofwand stärker aus und bewirkt dadurch die Aufwärtsbewegung der Kurve. Sie steigt meist ziemlich steil an, weil infolge einer vorliegenden Lungenstauung das Blut sehr rasch einfließt; und zwar immer bis zur vollständigen Füllung, d.h. der maximalen Wandspannung des Vorhofs. Diese Tatsache erklärt das fast gleichbleibende Niveau der Kurvenmaxima. Ein etwaiger Rückfluß aus der Kammer kann die meist abrupt einsetzende Steilheit des Anstieges verstärken.

Das Blut steht unter zunehmendem Druck, deshalb schießt es nach Klappenöffnung in der frühen Erschleffungsphase im Sinne des hohen Druckgefälles in den Ventrikel ein, soweit das die Klappenstenosierung zuläßt. Das bedeutet, daß die Kurve steil abfällt. In den Fällen eines flacheren Verlaufes, der sich über die ganze Diastole hinzieht, liegt ein sehr enges Ostium vor, das den schnellen Abfluß hindert.

Je nach der Dauer der Diastole vermag sich die Kammer mehr oder weniger vollkommen zu füllen; das besagt entsprechend für den Vorhof eine stärkere oder geringere Entleerung. Diese Tatsache demonstrieren einige Kurven, indem sie sich während kurzer Diastole nur wenig senken. Mit der einströmenden Blutmenge wächst der Druck im Ventrikel, vermindert auf diese Weise den Druckunterschied zum Vorhof, so daß der Abstrom aus dem Vorhof eine niedrigere Geschwindigkeit annimmt, und die Kurve in einen flacheren Anteil übergeht. Bei stark verlängerter Dia-

stole kann das Elektrokymogramm diastolisch sogar wieder ansteigen. Nämlich dann, wenn zwischen Vorhof und Kammer ein Druckausgleich entstanden ist, und nun der Nachschub aus den Venen in den Vorhof den Abfluß in die Kammer überwiegt. Daher beginnt der Vorhof, sich schon in dieser Phase wieder zu füllen, was die langsame Aufwärtsbewegung der Kurve auslöst. Dagegen fällt bei sehr kurzer Dauer der Kammererschaffung, bei der die Vorhofentleerung immer unvollständig ist und deshalb der Abstrom über den Zustrom dominiert, das Elektrokymogramm diastolisch gleichmäßig ab, um systolisch sofort wieder anzusteigen.

Die Kurven verlaufen alle nach diesen Regeln. Sie bringen keine Hinweise auf die Möglichkeit einer Unterscheidung in weitgehende Stenosierung oder Klappeninsuffizienz. Eine Differentialdiagnose erscheint uns daher ausgeschlossen.

Wie bereits erwähnt, wird bei vorherrschender Schlußunfähigkeit der Klappe eine deutliche Regurgitation vorhanden sein. Jedoch ist der Anteil des Rückflusses am Gesamtvolumen des Zustroms in den Vorhof in der Form der Kurve nicht zu erkennen, da der Vorhof in jedem Falle maximal gedehnt wird. Die Regurgitation allein könnte nicht diese typisch gleichmäßigen Amplituden im Elektrokymogramm hervorrufen, da sie wie die Carotiswelle vom Grad der Kammerfüllung abhängt. So spielt die Regurgitation sicher eine gewisse Rolle, sie kann aber als alleinige und entscheidende Begründung der Kurvenform nicht in Frage kommen. Man könnte sonst auch nicht die identische Elektrokymogrammform sowohl bei klinisch vorwiegender Insuffizienz als auch bei klinisch vorwiegender Klappenstenosierung erklären. Dabei ist hervorzuheben, daß in unserem Patientengut mit Vorhofflimmern die verengte Mitrals weitaus häufiger auftritt. Dagegen hat der oben beschriebene Mechanismus gleichermaßen Gültigkeit für die Fälle, bei denen klinisch die Insuffizienz vorherrscht, wie für die Fälle, bei denen infolge einer Knopflochstenose ein Rückfluß weitgehend ausfällt.

Die Variabilität des Herzohrelektrokymogramms kann durch den hier stärker wirksamen Einfluß der Ventrikelkontraktion und die sehr häufige Thrombosierung bedingt sein.

Nach Kenntnis dieser wesentlichen Unterschiede zwischen den Mitralfehlern mit Eurhythmie und denen mit absoluter Arrhythmie ist es selbstverständlich nicht zulässig, die Kurven von Kranken, die an Vorhofflimmern leiden, als Beleg zu verwerten für Gesetzmäßigkeiten, die bei gleichmäßiger Herzaktion gelten sollen.

IV DISKUSSION

Entgegen unserer Auffassung, daß es sich bei den Kurven der Mitralvitien mit Vorhofflimmern und absoluter Arrhythmie um Randbewegungen des Vorhofs handelt, die verursacht werden durch das Verhältnis des venösen Zustroms und des Abflusses in die Kammer und nicht ausschließlich von einer eventuellen Klappeninsuffizienz, also einer Regurgitation, abhängen, kommen andere Autoren zu unterschiedlichen Ergebnissen. Sie beobachten bei Vorhofflimmern dieselben typischen Vorhofskurven mit systolischem Plateau und fehlender Vorhofskontraktion wie wir. Aber sie verwerten solche Elektrokymogramformen (wie z.B. LUISADA und FLEISCHNER) teilweise als Beweis eines Rückflusses in der Diagnostik der Mitralinsuffizienz, auch in den Fällen ohne systolisches Geräusch. Andere Untersucher (DACK, PALEY) sehen jedoch entsprechend unseren Erfahrungen die gleichen Kurven sowohl bei den Stenosen als auch bei kombinierten Vitien. Daher lehnen MCIL und TUNNICLIFF eine Differentialdiagnose ab. FLEISCHNER, WALTER, ABELMANN, BUKA begründen die Form der fraglichen Kurve hauptsächlich mit einer Regurgitation. Offensichtlich wurden dabei die Veränderungen der Blutströmungs- und Druckverhältnisse nicht genügend berücksichtigt.

F VERGLEICH DER ELEKTROKYMOGRAPHISCHEN BEFUNDE MIT DEN KLINISCHEN BEFUNDEN

Wie eingangs hervorgehoben, ordneten wir zunächst die Elektrokymogramme nach der klinisch-röntgenologischen Diagnose: Mitralstenose, Mitralinsuffizienz, kombiniertes Mitralvitium. Die Diagnose war in vielen Fällen durch Herzkatheterisierung, Operation oder Sektion bestätigt. Nachdem wir nun die Charakteristika der verschiedenen Vorhofskurven bei Mitralfehlern aufgezeigt haben, soll geprüft werden, inwieweit die elektrokymographischen Ergebnisse mit denen der übrigen Methoden übereinstimmen.

Prüfen wir als erstes vergleichsweise die jeweiligen Elektrokymogramme bei Mitralstenose mit Eurhythmie. Dabei ergibt sich nur bei drei Kranken mit angeblich reiner Stenose im Elektrokymogramm die abweichende Diagnose: kombiniertes Mitralvitium, jedoch vorwiegend Stenose. Finden wir sonst an Stelle der reinen Stenose die Kurve im Sinne eines kombinierten Fehlers verändert (allerdings meist mit überwiegendem Stenoseanteil), so zeichnet sich auch mittels der anderen Untersuchungsverfahren kein ganz einheitliches Bild ab. Z.B. wurde ein der Auskultation entgangener Reflux während der Kommissurotomie gefühlt; oder die Katheterisierung erbrachte eine geringe Insuffizienz. Häufig läßt auch die Herzform auf dem Röntgenfilm die Frage eines kombinierten Vitiums offen. Oder es handelt sich um ein Elektrokymogramm, das von einem Kranken stammt, der valvulotomiert wurde, so daß eine gewisse Schlußunfähigkeit der Klappe Wahrscheinlichkeit gewinnt. Besonderen Wert legen wir auf den Röntgenbefund. Er lautet bei den drei genannten abweichenden Patienten: einmal Linksverbreiterung, Herzohr prominent, Retrocardialraum eingeengt; zum andern dasselbe bei Links- und Rechtsverbreiterung. Da eine Linksverbreiterung sowohl vom rechten wie vom linken Ventrikel herrühren kann, sagt dieser Befund nichts über die Differentialdiagnose, Stenose oder kombinierter Fehler (oder sogar Insuffizienz) aus. Nur bei dem dritten der drei Kranken heißt es :

Klassische Röntgenform einer Mitralstenose.

Ebenfalls eine gewisse Übereinstimmung zwischen dem Elektrokymogramm und dem Röntgenbericht herrscht bei dem Patienten, dessen Elektrokymogramm im Kapitel der Mitralstenosen als atypisch beschrieben wurde. Es demonstriert nur im Herzohr eine charakteristische Kurve. Dazu paßt das Röntgenbild, in dem die Zeichen einer pathologischen Herzform oder einer Lungenstauung fast völlig fehlen. Die Elektrokymogramme der klinisch als Stenosen imponierenden Kranken umfassen jedenfalls keinerlei Kurven, die im Sinne einer reinen Insuffizienz zu werten wären.

Beziehen wir also das Gesamtbild, zusammengesetzt aus sich ergänzenden oder auch sich widersprechenden Ergebnissen, die uns aus all den Untersuchungsmethoden geboten werden, in Betracht, dann tritt uns keine entscheidende Diskrepanz zum Elektrokymogramm entgegen. Dieses stützt jedoch nicht immer die im klinischen Befund überwiegende Komponente, in diesem Fall die Stenose, denn, wie wir sehen, gewinnt eine Regurgitation in der Kurvenform sehr schnell an Bedeutung. Daher erscheint es beachtenswert, daß es gegebenenfalls gelingt, den dominierenden Anteil, hier die Stenose, gegenüber der geringeren Insuffizienz abzugrenzen, wie wir das im Kapitel der kombinierten Mitralfehler diskutiert haben.

Um eine präzise Aussage machen zu können, wie sich die Elektrokymogramme der Mitralinsuffizienzen zum sonstigen klinischen Bild verhalten, ist unser Material zu gering. Die Fälle, die wir untersuchten, zeigen Übereinstimmung in der Diagnose, gewonnen aus der elektrokymographischen Kurve, mit dem vom Kliniker erhobenen Befund.

Versuchen wir nun ebenso der Frage bei den kombinierten Mitralfehlern nachzugehen, inwieweit das Elektrokymogramm dem Gesamtkrankheitsbild entspricht, so finden wir Folgendes: In den Fällen eines klinisch kombinierten Mitralvitiums ergeben sich auch im Elektrokymogramm die

typischen Kurvenformen dieser Klappenfehler. Bei Patienten, bei denen klinisch eine genauere Differenzierung möglich war in vorwiegende Stenose oder Insuffizienz, kamen wir vergleichsweise zu folgendem Ergebnis: Drei Kranke, bei denen klinisch die Stenose die Symptomatik beherrscht, lassen auch im Elektrokymogramm fast reine Kurven vom Stenostyp erkennen. Während umgekehrt in zwei anderen Fällen, bei denen klinisch die Insuffizienz besonders in den Vordergrund rückt, auch die elektrokymographischen Kurven mehr zum Regurgitationstyp neigen. Dagegen findet sich in drei Fällen mit klinisch deutlicher Insuffizienz im Elektrokymogramm ziemlich eindeutig eine Stenoseform, allerdings mit der für die kombinierten Mitralvitien typischen Abwandlung. Es wirkt sich hier also die Regurgitation auf die klinischen Symptome stärker aus als es sich in den Vorhofableitungen widerspiegelt.

Es scheint uns aber von Bedeutung, daß wir im Elektrokymogramm auf Grund der charakteristischen Formen, viel häufiger als es der Kliniker vermag eine überwiegende Komponente herausstellen können. Die Ursache beruht wohl darauf, daß das Vorhofelektrokymogramm ausschließlich seine Form den Verhältnissen im Herzen und kleinen Kreislauf verdankt, während die klinischen Symptome vielfach abhängen sowohl von den Bedingungen im Lungenkreislauf als auch von den Auswirkungen auf den großen Kreislauf. Zudem kann ein auskultatorisch stummer, bzw. mit nur geringem Geräusch verbundener Anteil übersehen werden, den jedoch das Elektrokymogramm infolge der ausgeprägten hämodynamischen Veränderungen aufdeckt. Das heißt aber auch, daß man eine im Elektrokymogramm nur geringfügig in Erscheinung tretende Komponente nicht überbewerten soll.

Bei Mitralfehlern mit Vorhofflimmern erübrigt sich eine Gegenüberstellung zwischen Elektrokymogramm und dem klinischen Bild, denn wie bereits betont, besitzen die Kurven nach unseren Erfahrungen keinerlei Aussagewert darüber, ob ein Anteil des Vitiums stärker hervortritt.

G ZUSAMMENFASSUNG

Das Ergebnis dieser Arbeit stellt sich wie folgt dar: Unsere Untersuchungen dienten dem Zweck, den Wert des Elektrokymogramms bei Patienten mit Mitralklappenfehlern im Sinne einer Differentialdiagnose - Stenose oder Insuffizienz - zu klären. Wir interpretierten dazu die Elektrokymogramme des linken Vorhofs aus einem Krankengut von 73 Fällen, wobei die Kurven der Kranken mit Vorhofflimmern und absoluter Arrhythmie getrennt beurteilt wurden. Entgegen den recht widerspruchsvollen Angaben in der entsprechenden Literatur über dieses Thema kamen wir zu Resultaten, die die Möglichkeit einer Differentialdiagnose durchaus einräumen. Wir ermittelten Formen, die nach bestimmten Gesetzmäßigkeiten auftretend eine Mitralstenose typisch anzeigen. Andererseits konnten wir dagegen Kurven abgrenzen, die die Mitralinsuffizienz charakterisieren. Mischkurven dieser beiden Typen demonstrieren einen kombinierten Mitralklappenfehler, bei dem der Überwiegende Anteil herauszustellen ist. Ausführlich wurden die Kriterien, nach denen die Kurven entsprechend ihrer unterschiedlichen Bedeutung zu erkennen sind, und die hämodynamischen Grundlagen, auf denen sie beruhen, angeführt. Nach unseren Beobachtungen besteht weitgehend Übereinstimmung zwischen dem elektrokymographischen und dem klinischen Befund, wenn man das Gesamtbild der verschiedenartigen Untersuchungen in Betracht zieht.

Daher kommen wir zu der Ansicht, daß die Elektrokymographie bei Mitralfehlern mit gleichmäßigem Rhythmus eine Bereicherung der diagnostischen Möglichkeiten darstellt und deshalb auch in der Frage einer Operationsindikation, die oft über den Erfolg mitentscheidet, einen Beitrag leisten kann. Dagegen ergab sich nach unseren Untersuchungen bei Mitralfehlern mit Vorhofflimmern und einer Absoluta im Vorhofelektrokymogramm kein Anhalt zur Differentialdiagnose, inwieweit die Ostiumverengung mit einer Insuffizienz kombiniert ist.

H SCHRIFTTUM

Abelmann, W.H., Ellis, L.B., Harken, D.E.:

The diagnosis of mitral regurgitation.
Amer.J.Med., 15 (1953) 5

Andersson, T.:

Electrokymographic studies of the left
auricular movements in mitral stenosis
and insufficiency.

Acta radiol., Stockholm, 38 (1952) 81

Electrokymographic examinations in
mitral valve disease.

Acta radiol., Stockholm, Suppl. 106 (1953)

Bayer, O., Wolter, H.:

Atlas intracardialer Druckkurven.
Stuttgart (1959)

Blumberger, Kj.:

Die Herzdynamik bei erworbenen Klappen-
fehlern.

Verh.Dtsch.Ges.Kreisl.-forsch. 20 (1954)

-, Brommer, W., Meiners, S., Walz, L.:

Elektrokymographische Untersuchungen
beim Herzalternans.

Zschr.Kreisl.-forsch., 43 (1954) 522

Böhme, W.:

Über die physiologischen und pathologischen
Bewegungen der Vorhöfe.

Nordw.dtsch.Ges.Inn.Med. (1934) 120

Brednow, W., Deppe, B.:

Kymographische und elektrokymographische
Untersuchungen bei Rhythmusstörungen des
Herzens.

Zschr.Klin.Med. 128 (1935)

- Carlsten, A., Rudhe, U.:
An electrokymographic study of auricular
arrhythmia in total heart block.
Acta radiol., Stockholm, 41 (1954) 316
- Dack, S., Paley, D.:
Electrokymography II. The great vessels
and auricular electrokymograms.
Amer.J.Med. 12 (1952) 447
- Dahlböck, O., Radner, S.:
Druckkurven von Vorhof und Aorta.
Acta chir.Scand. 109 (1955)
- Davison, P.H., Epps, R.G.:
The left auricular electrokymogram
in mitral stenosis.
Brit.Heart.J. 16 (1954) 49
- Derra, E.:
Die Chirurgie der erworbenen Klappenfehler.
Verh.Dtsch.Ges.Kreisl.-forsch. 20 (1954)
- Deutsch, E., Gmachl, E., Schachinger, H.:
Über den Wert der Elektrokymographie für
die Stellung der Diagnose bei Mitralfehlern.
Verh.Dtsch.Ges.Kreisl.-forsch. 17 (1951) 175
- Elkin, M., Sosmann, M.C., Marken, D.E., Dexter, L.:
Systolische Expansion des linken Vorhofs
bei Mitralklappenregurgitation.
New Engl.J.Med. 19 (1952) 958
- Fleischner, F.G., Walter, H., Abelman, W.H., Baka, R.:
The value of the atrial electrokymogram
in the diagnosis of mitral regurgitation.
Circulation, 10 (1954) 71
- Frank, O.:
Hämodynamik.
Leipzig 1911
- , Hess, O.:
Untersuchungen der Bewegungen des
normalen und pathologischen Herzens.
Ergeb.Inn.Med.Kinderh. 14 (1915)

- Friedberg, Ch.: Erkrankungen des Herzens,
Stuttgart (1959)
- Gadernann, E.: Elektrokymographische Untersuchungen über
das Verhalten der Herzpulsationen bei
Mitralvitien.
Verh.Dtsch.Ges.Kreisl.-forsch. 20 (1954)
- Grosse-Brockhoff, F.:
Klinische Pathologie der erworbenen Herz-
klappenfehler.
Verh.Dtsch.Ges.Kreisl.-forsch. 20 (1954)
- , Loogen, F., Schaede, A.:
Spezielle Untersuchungsmethoden bei an-
geborenen und erworbenen Herzfehlern.
Handb.Inn.Med. 9.Bd., 2.T.
Berlin, Göttingen, Heidelberg (1960)
- , Kaiser, K., Loogen, F.:
Erworbene Herzklappenfehler,
Handb.Inn.Med. 9.Bd., 2.T. (1960)
- Haubrich, R.: Der heutige Stand der Elektrokymographie.
Ergeb.Inn.Med. NF 6 (1955)
- Heckmann, K.: Lage- und Stellungsänderung des Herzens
und ihr Ausdruck im Elektrokymogramm.
Fortschr.Rö.Str. 76 (1952) 744
Die elektrokymographischen Befunde bei
Mitralfehlern.
Verh.Dtsch.Ges.Inn.Med. 60 (1954)
Elektrokymographie.
Berlin, Göttingen, Heidelberg (1959)
- Heinecker, R.: EKG-Fibel
Stuttgart (1957)
- Hochrein, M., Schleicher, J.:
Herz- und Kreislaufkrankung.
Darmstadt (1959)

- Holzmann, H.: Die Rhythmusstörungen des Herzens.
Handb. Inn.Med. 9.Bd., 2.T.
Berlin, Göttingen, Heidelberg (1960)
- Mc Kinnon, J.B., Friedmann, B.:
Electrokymographic studies of the left
atrium in normal and diseased hearts.
Circulation 2 (1950) 572
- Koppermann, E.:
Elektrokymographische und kreislaufana-
lytische Untersuchungen bei Patienten mit
Mitralklappenstenose und Mitralklappen-
insuffizienz.
Ärztl. Forsch. Würzburg 12 (1958) 8
- Lissner, J., Cordes, R.:
Über die Variationsbreite der "normalen"
Vorhofskurve im Elektrokymogramm.
Fortschr. Röntgstr., 91 (1959) 494
- Lüthy, E., Stucki, P.:
Elektrokymogramme bei Mitralklappen-
stenose. Helvet.Med.Acta, Ser.A 22 (1955) 482
- Luisada, A.A.: Atrial phenomena.
Proceedings of the first conference on
Electrokymography. (1950) 53
- , Fleischner, F.G.:
Dynamics of the left auricle in mitral
valve lesions; fluorocardiographic studies.
Amer.J.Med. 4 (1948) 791
- Moll, A.:
Der Beitrag der Elektrokymographie zur Er-
kennung und Beurteilung der Herzkrankheiten.
Med.Klin. 50 (1955) 1365
- , Tumeleley, G.:
Das Vorhofelektrokymogramm bei Herzge-
sunden und bei Kranken mit Mitralklappen-
fehlern.
Arch.Kreisla.-forsch. 26 (1957) 217

Reindell, H., Bayer, O.:

Untersuchungen über die Anspannungs- und
Austreibungszeit des Herzens bei begin-
nenden Erkrankungen des Kreislaufs.
Zschr. exper. Med. 111 (1943) 474

Schlegel, B.:

Elektrokymographische Untersuchungen zur Vor-
hofdynamik bei rheumatischen Herzklappenfehlern.
Zschr. Rheumaforsch., 13 (1954) 366

-, Schölmerich, P.:

Röntgenkymographische und phonocardiographi-
sche Untersuchungen zur Hämodynamik des
linken Vorhofs bei Mitralvitien.
Zschr. Kreisl.-forsch. 42 (1953) 848

Schütz, E.:

Die Physiologie der Herzklappen und
ihre Dynamik.
Dtsch. Med. Wschr. (1937) 1196

Soloff, L.A., Zatuchni, J., Stauffer, H.M.:

The atrial border electrokymogram in
mitral regurgitation.
Circulation, 6 (1952) 96

Stauffer, H.M., Jorgens, J.:

Electrokymography of the heart and great
vessels; correlation with roentgen kymo-
graphy in clinical case studies.
Radiology, 52 (1949) 488

Straub, H.:

Zur Dynamik der Klappenfehler des
linken Herzens.
Dtsch. Arch. Klin. Med. 122 H.2/3 (1917)
Die Dynamik des Herzens.
Handb. d. normalen und patholog. Physiologie
7, I, 237, Berlin (1926)

- Stumpf, F.: Kymographische Röntgendiagnostik zur Beurteilung des Herzens in Beispielen.
Stuttgart (1951)
- Thurn, P.: Hämodynamik des Herzens im Röntgenbild.
Stuttgart (1956)
- Watson, H.: Cineangiographic studies of the outflow tract in isolated pulmonic stenosis.
Brit. Heart, J. 22 (1960) 706
- Wegelius, C., Lind, J.: Kombinierte Registrierungen der Dynamik der Herzkontur und der Herzkavitäten mit Elektrokymographie und kinematographischer Angiocardiographie.
Fortschr. Rö.Str. 86 (1957) 51
- Weitz, W.: Experimentelles über Anspannungs- und Austreibungszeit.
Verh. Dtsch. Ges. Kreisl.-forsch. 31 (1914) 426
- Wiggers, C. J.: Spezielle hämodynamische Gesichtspunkte experimenteller Herzklappenfehler.
Verh. Dtsch. Ges. Kreisl.-forsch. 20 (1954)
- , Feil, H.: The cardio-dynamics of mitral insufficiency.
Heart 9, (1928)

Herrn Privatdozent Dr.Lissner danke ich sehr herzlich für die Überlassung des Themas und die großzügige Hilfe, die er mir bei der Ausarbeitung der Dissertation stets gewährte.

Besonderen Dank schulde ich auch Herrn Prof.Dr.Gebauer für die Freundlichkeit, mit der er mir meine Arbeit in der Röntgenabteilung gestattete.

Als Lehrer waren:

Prof.Dr. J.Storck	(Anatomie)
Prof.Dr. R.Ortmann	(Anatomie)
Prof.Dr. H.Frick	(Anatomie)
Prof.Dr. K.Wezler	(Physiologie)
Prof.Dr. A.Felix	(Physiolog.Chemie)
Prof.Dr. E.Heinz	(Physiolog.Chemie)
Prof.Dr. A.Halbsguth	(Botanik)
Prof.Dr. H.Giersberg	(Zoologie)
Prof.Dr. F.Royen	(Chemie)
Prof.Dr. Th.Wieland	(Chemie)
Prof.Dr. M.Czerny	(Physik)
Prof.Dr. H.Dünzer	(Physik)
Prof.Dr. H.Müser	(Physik)
Prof.Dr. K.Herzberg	(Hygiene)
Prof.Dr. H.Betke	(Hygiene)
Priv.Doiz.Dr. O.Schmidt	(Sozialfürsorge)
Prof.Dr. W.Rotter	(Pathologie)
Prof.Dr. G.Kohlan	(Pathologie)
Prof.Dr. W.Kricke	(Neuropathologie)
Prof.Dr. H.Lapp	(Pathologie)
Prof.Dr. H.Zimmermann	(Pathologie)
Prof.Dr. P.Holtz	(Pharmakologie)
Priv.Doiz.Dr. E.Westermann	(Pharmakologie)
Prof.Dr. F.Hoff	(Innere Medizin)
Prof.Dr. J.Frey	(Innere Medizin)
Prof.Dr. W.Siede	(Innere Medizin)
Prof.Dr. A.Raichenbach	(Innere Medizin)
Prof.Dr. J.Jürgens	(Innere Medizin)
Prof.Dr. H.Martin	(Innere Medizin)
Prof.Dr. R.Heintz	(Innere Medizin)
Priv.Doiz.Dr. P.Christ	(Innere Medizin)
Priv.Doiz.Dr. R.Heinecker	(Innere Medizin)
Prof.Dr. R.Geisendörfer	(Chirurgie)
Prof.Dr. E.Ungeheuer	(Chirurgie)
Priv.Doiz.Dr. W.Weber	(Chirurgie)
Prof.Dr. E.Hintz	(Orthopädie)

Prof.Dr. O.Käser	(Frauenklinik)
Prof.Dr. L.Heller	(Frauenklinik)
Prof.Dr. A.Schwenzer	(Frauenklinik)
Priv.Doiz.Dr. H.Brehm	(Frauenklinik)
Prof.Dr. B.de Rudder	(Kinderklinik)
Prof.Dr. K.Weiß	(Kinderklinik)
Prof.Dr. J.Zutt	(Nervenklinik)
Prof.Dr. R.Frowein	(Nervenklinik)
Priv.Doiz.Dr. R.Degkwitz	(Nervenklinik)
Prof.Dr. F.Herrmann	(Hautklinik)
Priv.Doiz.Dr. E.Landes	(Hautklinik)
Prof.Dr. R.Thiel	(Augenklinik)
Priv.Doiz.Dr. W.Lieb	(Augenklinik)
Priv.Doiz.Dr. J.Otto	(Augenklinik)
Prof.Dr. R.Mittermaier	(Hals-Nasen-Ohren-Klinik)
Prof.Dr. H.-G.Boenninghaus	(Hals-Nasen-Ohren-Klinik)
Priv.Doiz.Dr. G.Rossberg	(Hals-Nasen-Ohren-Klinik)
Prof.Dr. J.v.Reckow	(Zahnheilkunde)
Prof.Dr. B.Rajewsky	(Biophysik)
Prof.Dr. A.Gebauer	(Röntgenologie)
Priv.Doiz.Dr. J.Lissner	(Röntgenologie)
Prof.Dr. F.Strnad	(Röntgenologie)
Prof.Dr. W.Hellriegel	(Röntgenologie)
Prof.Dr. W.Artelt	(Geschichte d.Medizin)
Prof.Dr. J.Gerchow	(Gerichtliche Medizin)
Prof.Dr. W.Amelung	(Naturheilkunde)

LEBENS LAUF

Am 20.8.1938 wurde ich in Frankfurt/M geboren als Tochter des Prof.Dr. Karl Leonhard, der damals Oberarzt an der Universitäts- Nervenklinik Frankfurt war, und seiner Frau Elfriede.

1944 kam ich in Eisfeld in Thüringen in die Volksschule. Ab 1946 besuchte ich eine Volksschule in Frankfurt/M und von 1949 ein Realgymnasium (Schillerschule) bis zum Abitur 1958.

Im Sommersemester 1958 begann ich das Studium der Medizin an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt und beabsichtige 1964 das Staatsexamen abzulegen.

Karl Leonhard

Ehrenwörtliche Erklärung.

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die der Medizinischen Fakultät Frankfurt/Main zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel

Das Elektrokymogramm des linken Vorhofes
bei Mitralvitien

in der Röntgenabteilung der I. Medizinischen Universitätsklinik Frankfurt/M. unter Leitung von Priv.Doiz.Dr. Lissner ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen Medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Gildgert Leonhard

